



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

**Lutein และ Zeaxanthin ในผลไม้ไทยที่ช่วยป้องกัน
โรคจอประสาทตาเสื่อมในผู้สูงอายุ**

**Thai Fruit Sources for Lutein and Zeaxanthin :
Protective Effects against Age-Related Macular Degeneration (AMD)**

โดย

ดร. เนตรนภิส วัฒนสุชาติ

พุทธลักษณะ ใจประภาส และ อูษา ภูค์สมาส

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

Lutein และ Zeaxanthin ในผลไม้ไทยที่ช่วยป้องกัน

โรคจอประสาทตาเสื่อมในผู้สูงอายุ

Thai Fruit Sources for Lutein and Zeaxanthin :

Protective Effects against Age-Related Macular Degeneration (AMD)

โดย

ดร.เนตรนภิส วัฒนสุชาติ

พุทธลักษณะ ใจประภาส และ อุษา ภูค์สมาส

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุดโครงการ “สมุนไพรเพื่อคุณภาพชีวิต”

สนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ปัจจุบันสาร lutein and zeaxanthin ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในวงการนักโภชนาการด้านอาหาร เพื่อสุขภาพรวมทั้งทางการแพทย์ เนื่องจากสารทั้งสองนี้เป็น phytochemicals อยู่ในกลุ่ม carotenoids ที่มีคุณสมบัติ antioxidants มีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคตา โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคผิวหนัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคจอประสาทตาเสื่อม หรือ Age-related macular degeneration (AMD) ซึ่งมีอัตราการเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้นในผู้สูงอายุ แหล่งอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งของ lutein and zeaxanthin คือผลไม้หลากหลายชนิดทั้งที่มีสีเขียว ส้มแดง และสีเหลือง และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศในเขตเมืองร้อนที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยผลไม้หลากหลายชนิดทุกฤดูกาล ความเป็นเอกลักษณ์ของผลไม้ไทยซึ่งมีศักยภาพสูงทางเศรษฐกิจ ควรได้รับการส่งเสริมให้คนไทยบริโภคมากขึ้นตลอดจนสนับสนุนให้เป็นที่รู้จักในต่างประเทศ ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ทราบถึงผลไม้ไทยชนิดหรือสายพันธุ์ใดที่เป็นแหล่งสาร lutein and zeaxanthin เพื่อเป็นข้อมูลแนวทางการเลือกบริโภคผลไม้ไทยได้อย่างเหมาะสม สามารถสร้าง/เพิ่มมูลค่าให้กับผลไม้ไทยที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพสำหรับประชาชนทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะเพื่อสุขภาพดวงตาในผู้สูงอายุ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในผลไม้ไทย 21 ชนิด 47 สายพันธุ์ รวม 170 ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบ lutein และ zeaxanthin สารประกอบในกลุ่ม carotenoids ซึ่งสามารถแยกสกัดให้บริสุทธิ์และตรวจสอบด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) ที่เชื่อมต่อกับคอลัมน์ YMCTM Carotenoids 5.0 μ m (4.6 mm x 250 mm) จึงทำให้ทราบสารประกอบ carotenoids อื่นๆ อีก เช่น β -cryptoxanthin, β -carotene และ lycopene เป็นต้น เมื่อตรวจสอบแล้ว พบว่า lutein พบได้ในผลไม้แทบทุกชนิด จำนวน 122 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 71.76 ขณะที่ zeaxanthin ตรวจพบได้น้อยกว่า lutein พบได้ในผลไม้บางสายพันธุ์เพียง 65 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 38.24 และตรวจพบ β -carotene ในผลไม้ 103 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60.59 เมื่อคำนวณผลรวมของสารประกอบกลุ่ม carotenoids พบว่ามีมากถึง 164 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 96.47 สำหรับ lycopene มีเพียง มะละกอและเสาวรสสีม่วงที่ตรวจพบได้ปริมาณมาก เมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบสารประกอบแต่ละชนิดตามกลุ่มปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ ผลที่ได้สรุปดังนี้

ในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 แดงไทยมีค่าเฉลี่ย lutein สูงสุด 66.17 ± 26.4 μ g/100g ปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ 117.73 ± 4.27 μ g/100g และยังพบ lutein ในแดงไทยทุกตัวอย่างที่เก็บจากทั้ง 6 แหล่ง รองลงมาเป็น ชมพูเพชร แดงโม ฝรั่งกิมจู มะม่วงพราหมณ์ชายเมัย และส้มโอขาวน้ำผึ้ง ตามลำดับ ขณะที่ผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า กัลยน้ำว่า มีค่าเฉลี่ย lutein สูงสุดเท่ากับ 26.04 ± 6.76 μ g/100g ปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ 31.02 ± 1.11 μ g/100g และพบว่ากล้วยไทยหลายสายพันธุ์และละมุด เป็นแหล่ง lutein ที่สำคัญ สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 พบว่า ขนุนทั้งสามสายพันธุ์ตรวจพบ lutein ได้ทุกตัวอย่าง ขนุนสีทอง มีค่าเฉลี่ย lutein สูงสุด 22.91 ± 8.25 μ g/100g และตัวอย่างผลไม้ที่ตรวจไม่พบ lutein เลย คือ มะม่วงสุก และมะขาม

ผลไม้ที่ศึกษาในครั้งนี้ตรวจพบ zeaxanthin ได้ น้อยกว่า lutein มาก ในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่า zeaxanthin สูงสุดในมะม่วงมันขุนศรี มีค่าเฉลี่ย $24.93 \pm 49.86 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็นมะละกอแขกดำ มะม่วงเขียวเสวย ส้มโอขาวน้ำผึ้ง มะม่วงพราหมณ์ยายเมี่ยง และส้มโทองดีตามลำดับ ขณะที่ในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า มะปรางทุกตัวอย่างตรวจพบ zeaxanthin ด้วยค่าเฉลี่ย $27.29 \pm 26.43 \mu\text{g}/100\text{g}$ สูงกว่าผลไม้อื่น และปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ $57.80 \pm 11.24 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะยงชิด มะม่วงเขียวใหญ่สุก ส้มสายพันธุ์ต่างๆ สับปะรดและมะเฟืองตามลำดับ จะเห็นได้ว่า จะเห็นได้ว่าผลไม้ไทยหลายชนิดเป็นแหล่งสารประกอบทั้ง lutein และ zeaxanthin ได้แก่ แดงไทย ส้มโอ ชมพู มะม่วงห่าม (พราหมณ์ยายเมี่ยง มันขุนศรี และเขียวเสวย) มะปราง มะเฟือง ส้มเกลี้ยง ส้มเขียวหวาน (บางมด และสายน้ำผึ้ง) ละครุด เสาวรสสีม่วง และสับปะรด (สวนผึ้ง ศรีราชา และภูเก็ต) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาถึงการตรวจสอบ β -carotene ในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่า แดงโมพันธุ์ตอร์ปิโด มีค่าเฉลี่ย β -carotene สูงสุด คือ $739.73 \pm 1123 \mu\text{g}/100\text{g}$ ปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ $2,411.74 \pm 64.8 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น แดงไทย มะละกอแขกดำ เสาวรสสีเหลือง มะละกอฮอลแลนด์ และเสาวรสสีม่วง ตามลำดับ ขณะที่ตรวจพบสารประกอบ total carotenoids ได้ทุกตัวอย่าง และ เสาวรสพันธุ์สีม่วงมี carotenoids สูงสุด คือ $4,222.90 \pm 1,891 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะละกอฮอลแลนด์ และมะละกอแขกดำ สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า มะม่วงเขียวใหญ่สุกมีค่าเฉลี่ย β -carotene สูงสุด คือ $809.10 \pm 202 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะม่วงน้ำดอกไม้ สับปะรดภูเก็ต ส้มสายน้ำผึ้ง มะปราง และส้มบางมด ตามลำดับ และ พบว่าผลไม้ที่ศึกษามีสารประกอบ carotenoids ทุกตัวอย่าง โดยที่มะม่วงเขียวใหญ่ มีค่าเฉลี่ย total carotenoids สูงสุด รองลงมาเป็น มะม่วงน้ำดอกไม้สุก สับปะรดภูเก็ต ส้มสายน้ำผึ้ง มะปรางและส้มบางมดตามลำดับ เช่นกัน สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 พบว่า β -carotene และ total carotenoids ที่ตรวจพบในขนุนมีปริมาณไม่สูงมากนัก และมะขามทั้งสองสายพันธุ์ตรวจไม่พบเลย

โดยสรุป ผลไม้ไทยหลากหลายชนิดเป็นแหล่งสำคัญของสารประกอบ lutein และ zeaxanthin การเลือกรับประทานผลไม้ชนิดที่มี lutein และ zeaxanthin สูงจากกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อย เช่น แดงไทย ชมพู แดงโม ฝรั่ง มะม่วงห่าม ส้มโอ มะละกอ และเสาวรส เป็นต้น หรือเลือกรับประทานผลไม้สายพันธุ์พื้นบ้าน เช่น ชมพู เพชร มะม่วงมันขุนศรี มะละกอแขกดำ ส้มโอขาวน้ำผึ้ง ถั่วลิสงน้ำว่า มะปราง ละครุดพื้นบ้าน ส้มบางมด และสับปะรดศรีราชา ซึ่งมีผลรวมของ lutein รวมกับ zeaxanthin มากกว่าผลไม้ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์สายพันธุ์ น่าจะเป็นแนวทางที่ควรปฏิบัติเป็นประจำเพื่อสุขภาพดวงตาที่ดี โดยเฉพาะการรับประทานเสริมด้วยอาหารประเภทไข่ และผักใบเขียว ก็จะทำให้ร่างกายได้รับ lutein และ zeaxanthin ในปริมาณที่เพียงพอต่อการเสริมสร้างสุขภาพดวงตา สามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของจอประสาทตาและป้องกันการเกิดโรค Age-related macular degeneration (AMD) ได้ นอกจากนี้ผลไม้เหล่านี้ยังเป็นแหล่งสาร phytochemicals เช่น β -carotene และ lycopene ที่มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ และ เป็นแหล่งวิตามิน แร่ธาตุ รวมทั้งใยอาหารที่เป็นประโยชน์ช่วยเสริมสร้างสุขภาพโดยรวมให้แข็งแรงได้เป็นปกติ

บทคัดย่อ

Lutein และ zeaxanthin เป็นสารประกอบกลุ่ม carotenoids ที่มีความสำคัญช่วยป้องกันโรคจอประสาทตาเสื่อมหรือ Age-related macular degeneration (AMD) ซึ่งมีอัตราการเกิดโรคสูงมากในผู้สูงอายุ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบ lutein และ zeaxanthin รวมทั้ง carotenoids isomers ในผลไม้ไทย 170 ตัวอย่าง แบ่งเป็น 21 ชนิด 47 สายพันธุ์ โดยวิธีการแยกสกัดให้บริสุทธิ์ด้วย 0.1% BHT in MeOH และตรวจสอบด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) ที่เชื่อมต่อกับคอลัมน์ YMCTM Carotenoids (250 mm × 4.6 mm i.d., 5 μm) และเครื่องวัดแสง UV detector ที่ความยาวคลื่น 476 nm ผลการศึกษาพบว่า lutein พบได้ในผลไม้ไทยเกือบทุกชนิด จำนวน 122 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 71.76 ขณะที่ zeaxanthin ตรวจพบได้น้อยกว่า lutein พบได้ในผลไม้บางสายพันธุ์เพียง 65 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 38.24 สำหรับ β-carotene ตรวจพบในผลไม้ 103 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60.59 และ total carotenoids พบมากถึง 164 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 96.47 เมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบตามปริมาณน้ำตาล พบว่า ในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 และผลไม้ทั้งหมด แดงไทยที่มี lutein สูงสุดที่ค่าเฉลี่ย $66.17 \pm 26.4 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณสูงสุดถึง $117.73 \pm 4.27 \mu\text{g}/100\text{g}$ และยังตรวจพบ lutein ในแดงไทยทุกตัวอย่างที่เก็บจากทั้ง 6 แหล่ง รองลงมาเป็น ชมพูเพชร ($20.65 \pm 5.30 \mu\text{g}/100\text{g}$) แดงโม ($14.46 \pm 5.20 - 19.44 \pm 8.64 \mu\text{g}/100\text{g}$) ฝรั่งกิมจู ($14.45 \pm 3.44 \mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงพรหมณีชายเมียว ($14.03 \pm 0.49 \mu\text{g}/100\text{g}$) และส้มโอขาวน้ำผึ้ง ($13.17 \pm 2.98 \mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า ถั่วลิสงมีค่าเฉลี่ย lutein สูงสุด $26.04 \pm 6.76 \mu\text{g}/100\text{g}$ ทั้งนี้พบว่ากล้วยไทยหลายสายพันธุ์ และละมุด เป็นแหล่ง lutein ที่สำคัญ สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 พบว่า ขนุนทั้งสามสายพันธุ์ตรวจพบ lutein ได้ทุกตัวอย่างและขนุนสีทอง มีค่าเฉลี่ย lutein สูงสุด $22.91 \pm 8.25 \mu\text{g}/100\text{g}$ และผลไม้ที่ตรวจไม่พบ lutein เลย คือ มะม่วงสุก 4 สายพันธุ์ (น้ำดอกไม้ อกร่อง มหาชนก และเขียวใหญ่) และมะขาม 2 สายพันธุ์ (สีทองและสีชมพู) สำหรับการตรวจสอบ zeaxanthin ในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่า zeaxanthin สูงสุดในมะม่วงมันขุนศรี มีค่าเฉลี่ย $24.93 \pm 49.86 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็นมะละกอแขกดำ ($18.02 \pm 8.59 \mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงเขียวเสวย ($13.99 \pm 5.98 \mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มโอขาวน้ำผึ้ง ($10.39 \pm 10.15 \mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงพรหมณีชายเมียว ($10.34 \pm 0.11 \mu\text{g}/100\text{g}$) และส้มโอทองดี ($9.50 \pm 2.76 \mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ ขณะที่ผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า มะปรางทุกตัวอย่างตรวจพบ zeaxanthin ด้วยค่าเฉลี่ย $27.29 \pm 26.43 \mu\text{g}/100\text{g}$ สูงกว่าผลไม้อื่นๆ รองลงมาเป็น มะขงชิด ($20.89 \pm 13.59 \mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงเขียวใหญ่สุก ($17.20 \pm 0.17 \mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มบางมด ($16.40 \pm 2.54 \mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มเกลี้ยง ($11.39 \pm 0.83 \mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มสายน้ำผึ้ง ($10.68 \pm 6.37 \mu\text{g}/100\text{g}$) สับปะรดสวนผึ้ง ($4.85 \pm 5.64 \mu\text{g}/100\text{g}$) และมะเฟือง ($4.82 \pm 5.63 \mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าผลไม้ไทยหลายชนิดเป็นแหล่งสารประกอบทั้ง lutein และ zeaxanthin ได้แก่ แดงไทย ส้มโอ ชมพู มะม่วงห่าม (พรหมณีชายเมียว มันขุนศรี และเขียวเสวย) มะปราง มะเฟือง ส้มเกลี้ยง ส้มเขียวหวาน (บาง

มด และสาหร่ายน้ำผึ้ง) ละมุด เสาวรสสีม่วง และสับปะรด (ศรีราชา สวนผึ้ง และภูเก็ต) และผลไม้สายพันธุ์พื้นบ้านส่วนใหญ่จะมีปริมาณ lutein รวมกับ zeaxanthin มากกว่าสายพันธุ์ที่เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ สำหรับการตรวจสอบ β -carotene ในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่า แตงโมพันธุ์ดอร์ปีโด มีค่าเฉลี่ย β -carotene สูงสุด คือ $739.73 \pm 1123 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น แตงไทย มะละกอแขกดำ เสาวรสสีเหลือง และมะละกอฮอลแลนด์ ตามลำดับ ขณะที่ตรวจพบ total carotenoids ได้เกือบทุกตัวอย่าง โดยที่เสาวรสีม่วง มี carotenoids สูงสุด คือ $4,222.90 \pm 1,891 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะละกอฮอลแลนด์ และมะละกอแขกดำ สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า มะม่วงพันธุ์เขียวใหญ่ มีค่าเฉลี่ย β -carotene และ total carotenoids สูงสุด รองลงมาเป็น มะม่วงน้ำดอกไม้ สับปะรดภูเก็ต มะม่วงเขียวเสวย และ มะปราง ตามลำดับเช่นเดียวกัน ขณะที่ตรวจพบ lycopene ได้ไม่มากในผลไม้ไทยที่ศึกษา โดยเสาวรสีและมะละกามีปริมาณสูงสุด โดยสรุป ผลไม้ไทยหลากหลายชนิดเป็นแหล่งสำคัญของ lutein และ zeaxanthin การรับประทานผลไม้โดยเลือกชนิดที่มี lutein และ zeaxanthin สูงจากกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยและสายพันธุ์พื้นบ้านเป็นประจำ สามารถเสริมสร้างสุขภาพดวงตา ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของจอประสาทตาและป้องกันการเกิดโรค Age-related macular degeneration (AMD) ได้

คำสำคัญ : ผลไม้ไทย, ลูทีน, ซีแซนทีน, แลโรทีนอยด์, โรคจอประสาทตาเสื่อม

ABSTRACT

Lutein and zeaxanthin, in group of carotenoid compounds, play an important role in protecting against age-related macular degeneration (AMD), rising an evidence in the elderly. Thus this study was aimed at determining lutein and zeaxanthin as well as others carotenoid isomers in 170 different Thai fruits selected from 21 kinds and 47 varieties. Fruit sample was homogenized, then extracted with 0.1% BHT in MeOH and the obtained carotenoids were analyzed by using high performance liquid chromatography connecting with YMCTM carotenoid column (250 mm x 4.6 mm i.d., 5.0 μ m), monitored by using UV detector at 476 nm. The results showed that lutein was predominately found in Thai fruits about 122 samples or 71.76% of total samples, while zeaxanthin was rarely found about 65 samples or 38.24 % of total samples. β -carotene was also found in 103 samples or 60.59% and total carotenoids was mostly found in Thai fruits about 164 samples or 96.47% of total samples. When fruit samples were classified according to its sugar content, in group of sugar less than 10%, Tangthai contained the highest lutein with an average of 66.17 ± 26.4 μ g/100g and the highest value was 117.73 ± 4.27 μ g/100g. Among all fruit samples, Tangthai also provided the highest lutein and was found in all six collected samples. Also lutein was found high in roseapple (Phed), watermelon (Torpedoe and Kinaree), guava (Kimju), mango (Pramkaymea) and pamelos (Kaonumpueng), respectively. In group of sugar between 10-20%, banana (Namwa) contained the highest lutein with an average of 26.04 ± 6.76 μ g/100g and other banana varieties following with sapote (Lamod) were also a source of lutein. In group of sugar more than 20%, all jackfruit samples contained lutein and Sritong variety had the highest lutein, containing an average of 22.91 ± 8.25 μ g/100g. Samples with no containing of lutein were ripe mangoes and sweet tamarinds. For determination of zeaxanthin, mango (Munkunsri), in group of sugar less than 10% had the highest content with an average of 24.93 ± 49.86 μ g/100g, following with papaya (Kekdum), mango (Keowsavoy), pamelos (Kaonumpueng), mango (Pramkaymea) and pamelos (Tongdee), respectively. In group of sugar between 10-20%, Maprang showed the highest zeaxanthin, containing an average of 27.29 ± 26.43 μ g/100g. Zeaxanthin was also found high in Mayongchid, mango (keowyai), different varieties of orange, pineapples and starfruit, respectively. Moreover, source of both lutein and zeaxanthin were Tangthai, pamelos, roseapple, raw mangoes, Maprang, Mafueng, oranges, sapote, purple passionfruit and pineapples. For determination of β -carotene, watermelon (torpedoe) in group of sugar

less than 10% had the highest content with an average of $739.73 \pm 1123 \mu\text{g}/100\text{g}$. β -carotene was also found high in Tangthai melon, papaya (Kekdum), purple passionfruit and papaya (Holland), respectively. For total carotenoids, purple passionfruit showed the highest content with an average of $4,222.90 \pm 1,891\mu\text{g}/100\text{g}$, following with papaya (Holland) and papaya (Kekdum). In group of sugar between 10-20%, the highest content of both β -carotene and total carotenoids was belonged to mango (Keowyai), following with mango (Namdokmai), pineapple (Pukhet), mango (Keowsavoy) and Maprang, respectively. In conclusion, Thai fruits of different varieties are important source of lutein and zeaxanthin, which should be consumed sufficiently to promote eye health. Thus, healthy choice of the fruits with less sugar content and high in those compounds should be recommended.

Keywords : Thai fruits, lutein, zeaxanthin, carotenoids, Age-Related Macular Degeneration (AMD)

สารบัญ

บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	14
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	14
ผลการทดลอง	20
การทดสอบประสิทธิภาพวิธีการสกัดแยกสาร	20
ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ในผลไม้ไทย	
จากแหล่งจำหน่าย/ปลูกต่างๆ	22
ผลการตรวจสอบ lutein และ zeaxanthin ในผลไม้ไทย	38
ผลการตรวจสอบ β -carotene และ total carotenoids ในผลไม้ไทย	48
การจัดลำดับปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด ของ lutein, zeaxanthin, β -carotene และ	
total carotenoids ในผลไม้ไทย	57
การวิจารณ์ผล	65
สรุป	68
เอกสารอ้างอิง	71
ภาคผนวก	74

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ปัจจุบันสารประกอบ lutein and zeaxanthin ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในวงการนักโภชนาการด้านอาหารเพื่อสุขภาพรวมทั้งทางการแพทย์ เนื่องจากสารทั้งสองนี้เป็น phytochemicals ในกลุ่ม carotenoids ที่มีคุณสมบัติเป็นสาร antioxidants มีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคตา โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคผิวหนัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคจอประสาทตาเสื่อม หรือ Age-related macular degeneration (AMD) ซึ่งเป็นกันมากในผู้สูงอายุ หากขาดสาร lutein and zeaxanthin อาจทำให้ดวงตาบอดได้เพื่อการป้องกันโรคดังกล่าวการได้รับสาร lutein and zeaxanthin จากการบริโภคอาหารอย่างเพียงพอจึงควรเป็นแนวทางที่ควรปฏิบัติเป็นลำดับแรก ซึ่งผลไม้เป็นแหล่งสำคัญอย่างหนึ่งของสารทั้งสองนี้สามารถพบได้ในผลไม้หลากหลายชนิดที่มีสีเหลืองส้มแดงรวมทั้งสีเขียว ดังนั้นการบริโภคผลไม้หลากหลายสีจะช่วยเพิ่มสาร lutein and zeaxanthin ให้กับจอประสาทตาที่เรียกว่า macula ทำให้สามารถป้องกัน free radicals จากแสงแดดที่จะทำลายจอประสาทตา ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพหรือการเกิดโรค Age-related macular degeneration (AMD) ได้ในผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยหลายเรื่องที่สนับสนุนความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างการที่ร่างกายได้รับสาร lutein จากอาหารกับการเกิดสารสีที่เพิ่มขึ้นในดวงตาซึ่งจะช่วยลดการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อมได้ เนื่องจากโรคนี้ไม่มีทางรักษาให้หายได้และร่างกายไม่สามารถสร้าง lutein and zeaxanthin ได้เอง ดังนั้นวิธีการป้องกันอย่างเดียวก่อนที่ควรปฏิบัติคือการเลือกรับประทานอาหารที่มี lutein and zeaxanthin สูงเป็นประจำ เพื่อการสร้างเสริมสุขภาพดวงตาให้เป็นปกติในวัยสูงอายุ

ประเทศไทย เป็นประเทศในเขตเมืองร้อนอุดมสมบูรณ์ไปด้วยผลไม้มีนานาชนิดทุกฤดูกาล ผลไม้ไทย มีความเป็นเอกลักษณ์และมีศักยภาพสูงทางเศรษฐกิจ จึงควรได้รับการส่งเสริมให้บริโภคมากขึ้นเพื่อสุขภาพที่ดี โดยเฉพาะสุขภาพดวงตาของผู้สูงอายุเป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อการมองเห็นได้ในช่วงวัยชราที่อวัยวะต่างๆ เริ่มเสื่อมสภาพ การได้รับอาหารที่มีประโยชน์และคุณค่าทางอาหารต่อสุขภาพดวงตาและสุขภาพโดยรวมจึงจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพของดวงตาของคนเราโดยเฉพาะผู้สูงอายุ การได้รับคำแนะนำในการเลือกบริโภคอาหารโดยเฉพาะผลไม้ไทยที่เป็นแหล่ง lutein and zeaxanthin จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ดังนั้นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงผลไม้ไทยชนิดใดบ้างที่เป็นแหล่งสารทั้งสองนี้ และมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมในเรื่องปริมาณน้ำตาลที่ไม่ควรมากเกินไปสำหรับผู้สูงอายุ น่าจะเป็นเรื่องที่ได้รับการวิจัยตรวจสอบ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์พื้นฐานสำหรับแนะนำการเลือกบริโภคผลไม้ไทยเพื่อสุขภาพดวงตา และลดการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อมในผู้สูงอายุ

2. สถานการณ์ผู้สูงอายุในประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรวัยสูงอายุ (ตั้งแต่อายุ 60 ปีขึ้นไป) ของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะสาขาการแพทย์และสาธารณสุข ทำให้ประชากรมีอายุยืนยาวขึ้นขณะที่อัตราการเกิดลดลง สัดส่วนของผู้สูงอายุจึงมากขึ้น องค์การสหประชาชาติ ให้นิยามว่า ประเทศใดมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป เป็นสัดส่วนเกิน 10% หรืออายุ 65 ปีขึ้นไป เกิน 7% ของประชากรทั้งประเทศ ถือว่าประเทศนั้นได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging Society) จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าประเทศไทยมีประชากรสูงอายุมากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งประเทศ ตั้งแต่ปี 2548 ขณะที่ในปี 2550 มีจำนวนประชากรผู้สูงอายุ 7.0 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 10.7 ของประชากรทั้งหมด (65.7 ล้านคน) นั่นคือประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุซึ่งเร็วกว่าประเทศที่พัฒนาแล้วมาก โดยคาดว่าจำนวนประชากรผู้สูงอายุจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 15.3 ในปี 2563 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าประเทศไทยกำลังเผชิญหน้ากับภาวะการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของประชากรสูงอายุ สำหรับสถานการณ์ด้านสุขภาพ จากการสำรวจทางสถิติ ในปี 2551 พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ประเมินสุขภาพตนเองว่ามีสุขภาพดี คิดเป็นร้อยละ 44.0 ผู้สูงอายุร้อยละ 57.7 มีปัญหาการมองเห็น และยิ่งอายุมากขึ้นปัญหาการได้ยินจะสูงขึ้นแบบทวีคูณ ผู้สูงอายุมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุง่าย กรณีพลัดตกหกล้มสูงถึงร้อยละ 40.4 และส่วนใหญ่จะมีโรคเรื้อรังและทุพพลภาพ จึงนับเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเร่งรัดเพื่อให้ความรู้ความเข้าใจในการเลือกบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพผู้สูงอายุอย่างเหมาะสม

3. อาหารและโภชนาการในผู้สูงอายุ

อาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพที่ดี ถึงแม้ผู้สูงอายุมีความต้องการปริมาณอาหารลดลงเนื่องจากใช้พลังงานน้อยลง แต่ผู้สูงอายุก็ควรได้รับอาหารที่มีปริมาณและคุณภาพทางโภชนาการอย่างเหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการของร่างกายจากอาหารที่หลากหลายซึ่งสามารถแบ่งได้ 6 กลุ่มดังนี้

- **กลุ่มที่ 1 กลุ่มข้าว - แป้ง** อาหารกลุ่มนี้ให้พลังงาน ควรบริโภคในปริมาณที่พอเหมาะ ถ้ากินมากจะทำให้อ้วนและน้ำตาลในเลือดสูงได้ ควรกินอาหารกลุ่มนี้มีอยู่ประมาณ 2 ทัพพี
- **กลุ่มที่ 2 กลุ่มผัก** เป็นอาหารที่ให้วิตามินและแร่ธาตุ ผู้สูงอายุสามารถเลือกกินได้ค่อนข้างมากควรเลือกกินผักหลายๆชนิดสลับกันแต่ควรเป็นผักที่ต้มสุกหรือนึ่งจนสุกนุ่ม ควรหลีกเลี่ยงผักดิบ เพราะย่อยยากและจะทำให้เกิดปัญหามีแก๊ส ท้องอืด ท้องเฟ้อ ควรกินผักต้มสุกมีอยู่ประมาณ 1-2 ทัพพี

- **กลุ่มที่ 3 กลุ่มผลไม้** กินให้ทุกชนิดและทุกวันเพราะมีวิตามินและแร่ธาตุควรเลือกกินผลไม้ที่มีรสไม่หวานมาก เช่น มะละกอ ส้ม ชมพู แดงโม ควรหลีกเลี่ยงผลไม้รสหวานจัด น้ำผลไม้คั้นในผู้ที่อ้วนมากและเว้นของหวาน ควรกินผลไม้หลังอาหารทุกมื้อ
- **กลุ่มที่ 4 กลุ่มเนื้อสัตว์ ไข่ ถั่วเมล็ดแห้ง** เนื้อสัตว์ควรเลือกกินประเภทเคี้ยวง่าย ย่อยง่าย ย่อยและดูดซึมได้ดี ผู้สูงอายุควรกินสัปดาห์ละ 3-4 ฟอง แต่สำหรับผู้ที่มีไขมันในเลือดสูงควรกินเฉพาะไข่ขาว ส่วนถั่วเมล็ดแห้งเว้นอาหารที่มีโปรตีนสูงราคาถูกสามารถใช้แทนอาหารพวกเนื้อสัตว์ได้
- **กลุ่มที่ 5 กลุ่มนม** เป็นอาหารที่ให้แคลเซียมและโปรตีนสูง ผู้สูงอายุควรดื่มนมพร่องมันเนยหรือขาดมันเนยวันละ 1 แก้ว ถ้าไม่สามารถดื่มนมได้ก็สามารถกินปลาเล็กปลาน้อยวันละ 2 ซ้อนกินข้าว สลับกับปลากระป๋อง 1 ซีน หรือเต้าหู้แข็ง 1 ก้อน
- **กลุ่มที่ 6 กลุ่มน้ำมัน น้ำตาล เกลือ** กลุ่มนี้พยายามกินให้น้อยที่สุด เนื่องจากถ้ากินมากไปจะทำให้เกิดปัญหาโรคอ้วน เบาหวาน และความดันโลหิตสูง ควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำมันจากสัตว์ กะทิ เนย น้ำตาล และลดการใช้เกลือหรือเครื่องปรุงรส

4. ความสำคัญของ lutein และ zeaxanthin

Lutein (3,3'- dihydroxy- α -carotene) และ zeaxanthin (3,3'- dihydroxy- β -carotene) ซึ่งเป็น isomer แตกต่างกันที่ตำแหน่งพันธะคู่ เป็นสาร xanthophylls ชนิดหนึ่งของกลุ่มสารประกอบ carotenoids พบมากในผักใบเขียว เช่น สปินแนท และคะน้า มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถดูดซับคลื่นแสงสีน้ำเงิน และยังพบลูทีนได้ในไข่แดง ไขมันสัตว์ และจอประสาทตา (retina) โดยสารซีแซนทีน (zeaxanthin) มีอยู่มากเช่นกันในส่วน macula lutea ลูทีนมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบ long chromophore of conjugated double bonds (polyene chain) ละลายได้ดีในน้ำมันแต่ไม่ละลายในน้ำ (lipophilic molecule) ดูดซับแสงได้ดี และเกิดปฏิกิริยา oxidative degradation ได้ง่ายด้วยแสงและความร้อน และไม่เสถียรในสภาวะกรด Lutein ที่พบได้ในพืช เช่น ผักผลไม้ ส่วนใหญ่อยู่ในรูป fatty-acid esters ซึ่งร่างกายคนเราไม่สามารถสังเคราะห์ carotenoids ได้เอง ต้องได้รับจากอาหารที่รับประทานเข้าไปเท่านั้น ทั้ง lutein และ zeaxanthin เป็นสาร carotenoids ที่พบมากที่สุด แตกต่างจาก beta-carotene, alpha-carotene และ beta-cryptoxanthin คือไม่มีหน้าที่เป็น provitamin A หรือไม่สามารถเปลี่ยนเป็น retinol (an active form of vitamin A) ได้ในร่างกาย

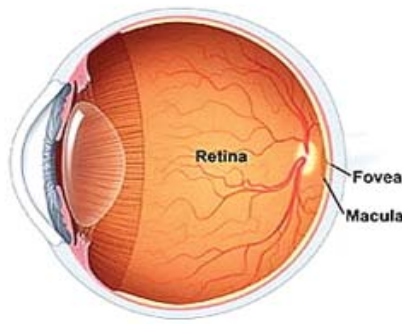
เราจะพบ lutein ปริมาณมากในส่วนจอประสาทตาที่เรียกว่า macula ซึ่งอยู่ด้านในสุดของกระจกตา (retina) สารนี้จะช่วยดูดซับแสงสีน้ำเงิน (blue light) ป้องกันการเกิด oxidative stress โดยอนุมูลอิสระจาก high-energy photons ของแสงสีน้ำเงินซึ่งสามารถทำลายประสาทสายตาได้ ทำให้การทำงานของระบบสายตาเป็นปกติ หรืออีกนัยหนึ่งคือ lutein เป็นสาร phytochemical ที่ทำหน้าที่ antioxidants มีงานวิจัยหลายเรื่องที่สนับสนุนผลของความสัมพันธ์ระหว่างการที่ร่างกายได้รับ lutein จากอาหารกับการ

เกิดสารสีในตาและสารสีที่เพิ่มขึ้นจะมีผลช่วยลดการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อม หรือ Age-related Macular Degeneration (AMD)

Lutein จากธรรมชาติเป็นสารให้สีแดงส้มแต่ในสารละลายเจือจางจะมีสีเหลือง จึงใช้เป็นสีผสมอาหาร มักใช้เป็นส่วนผสมอาหารไก่เพื่อให้สีเหลืองกับหนังไก่ที่ผู้บริโภคนิยมและไข่แดงมีสีเหลืองส้ม ถึงแม้ลูทีนจะพบได้ในอาหารกลุ่มผักและผลไม้หลายชนิดแต่บางคนก็อาจจะขาดสารนี้ได้โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุที่มีปัญหาการย่อยอาหาร การบริโภคอาหารเสริมสาร lutein (lutein-fortified foods) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ร่างกายจะได้รับสาร Lutein เพียงพอตามปริมาณที่แนะนำต่อวันคือ 6-10 มิลลิกรัม เพื่อช่วยเสริมสร้างสุขภาพระบบประสาทสายตาให้เป็นปกติ Seddon et al. (1994) รายงานว่าการได้รับ Lutein 6 มิลลิกรัมต่อวัน สามารถช่วยลดการเกิดโรค AMD ได้ถึง 43% ซึ่งการได้รับสาร Lutein ที่เพียงพอจากการบริโภคอาหารตามปกติ จึงควรเลือกรับประทานผักใบเขียวเป็นหลัก เช่น ผักคะน้า สปีแนช ถั่วพี ไข่ ทั้งฟอง รวมทั้ง ผลไม้ตระกูลส้ม และมะละกอ เป็นต้น

5. โรคจอประสาทตาเสื่อม (Age-related macular degeneration : AMD) คืออะไร

Lutein และ zeaxanthin เป็นสาร carotenoids ที่มักเรียกว่า macular pigments พบมากในส่วนจอประสาทตาที่เรียกว่า macula สูงมากกว่าบริเวณ retina ประมาณ 5 เท่า การที่คนเราจะมองเห็นอะไรได้ชัดและชัดเจนนั้นภาพที่เรามองจะต้องสามารถเดินทางผ่านเข้าไปในลูกตา โดยผ่านส่วนประกอบต่าง ๆ ของตา คือ กระจกตา (Cornea) และเลนส์แก้วตา (Lens) ไปตกที่จอประสาทตา (Retina) ซึ่งเป็นผนังชั้นในของลูกตา ที่ประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทตาจำนวนมาก ที่จะส่งสัญญาณภาพที่ได้ผ่านไปตามเส้นประสาทตา (Optic nerve) เข้าสู่สมอง เพื่อแปลสัญญาณเป็นภาพที่เรามองเห็น ทำให้เรารับรู้ว่าเป็นภาพอะไร และสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ เช่น อ่านหนังสือ, ขับรถ หรือตกทายคนรู้จักได้อย่างถูกต้อง บริเวณจุดกลางรับภาพของจอประสาทตาที่เรียกว่า macula เป็นบริเวณที่สำคัญที่สุดบนจอประสาทตา ที่จะทำให้สามารถมองเห็นภาพต่าง ๆ ได้ชัดเจน ถ้าจุดกลางรับภาพนี้เสีย จะทำให้มองเห็นภาพไม่ชัด เห็นเหมือนมีจุดดำบังตรงกลาง หรือเห็นภาพบิดเบี้ยวไป ทำให้ความสามารถในการเห็นภาพที่ระยะใกล้และไกลเสียไป จนทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น อ่านหนังสือ หรือสนด้ายเข้าเข็มได้ยากหรือไม่สามารถทำได้ (ภาพที่ 1 และ 2)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบดวงตา



ภาพที่ 2 ลักษณะภาพที่ไม่ชัด เห็นเหมือนมีจุดดำบังตรงกลาง

โรคจอประสาทตาเสื่อม เป็นโรคที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในจุดกลางรับภาพของจอประสาทตา พบมากในกลุ่มอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป และเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเกิดการสูญเสียการมองเห็นในผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตาม โรคจอประสาทตาเสื่อมจะทำให้สูญเสียการมองเห็นเฉพาะภาพตรงกลาง โดยที่ภาพด้านข้างของการมองเห็นยังดีอยู่ เช่น คุณอาจเห็นขอบของนาฬิกาแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นเวลาอะไร ดังนั้น โดยตัวของโรคจอประสาทตาเสื่อม จะไม่ทำให้การมองเห็นมืดสนิทไปทั้งหมด แม้แต่ในรายที่เป็นมาก คนไข้จะยังพอมองเห็นทางด้านขอบข้างของภาพและพอที่จะช่วยเหลือดูแลตัวเองได้บ้าง

สาเหตุของโรคจอประสาทตาเสื่อม มีหลายภาวะที่พบว่าทำให้เกิดโรคจอประสาทตาเสื่อมได้ เช่น คนที่มีสายตาสั้นมาก ๆ (degenerative or pathologic myopia) หรือในโรคติดเชื้อบางอย่าง แต่สาเหตุส่วนใหญ่แล้ว พบในผู้สูงอายุ จึงเชื่อว่าเป็นขบวนการเสื่อมสภาพของร่างกาย (aging Process) แต่ไม่ทราบต้นเหตุที่ชัดเจน ผลการศึกษาวิจัยจากหลายสถาบัน พบว่า มีปัจจัยเสี่ยงหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อมตามอายุ (age-related macula degeneration) ได้แก่

- อายุ : พบโรคนี้ได้บ่อยขึ้นในคนที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป
- พันธุกรรม : มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของคนที่เป็นโรคกับญาติสายตรง วิทยาลัยจักษุ

แพทย์แห่งอเมริกา จึงแนะนำให้ผู้เกี่ยวข้องดังกล่าว ควรได้รับการตรวจเช็คจอประสาทตาทุก 2 ปี

- เชื้อชาติ / เพศ : พบอุบัติการณ์ของโรคสูงสุดในคนผิวขาว (Caucasian) เพศหญิงอายุมากกว่า 60 ปี

- บุหรี่ : มีหลักฐานทางการศึกษาพบว่า การสูบบุหรี่ เป็นการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคอย่างชัดเจน

- ความดันเลือดสูง : คนไข้ที่ต้องทานยาลดความดันเลือด และมีระดับ cholesterol ในเลือดสูง และมีระดับ carotenoid ในเลือดต่ำ มีความเสี่ยงสูงมากต่อการเป็นโรคจอประสาทตาเสื่อม แบบสูญเสียการมองเห็นอย่างรวดเร็ว (Wet AMD)

- วัยหมดประจำเดือน : ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนที่ไม่ได้รับประทานยาฮอร์โมน estrogen ถูกพบว่าอยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงเช่นกัน

6. งานวิจัยเกี่ยวกับสารลูทีนและ zeaxanthin

6.1 Prooxidant activity of lutein and its dimyristate esters in corn triacylglyceride : ถึงแม้สารลูทีน (lutein) จะมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระแต่ไม่สามารถทนทานต่อความร้อนและแสง เสื่อมสภาพได้ สารประกอบที่มีสมบัติเป็น prooxidation ที่กระตุ้นให้เกิด lipid oxidation ในอาหาร เช่น น้ำมันข้าวโพด (purified corn triacylglyceride) และอาหารแห้ง ดังนั้นการผลิตลูทีนในรูป fatty acid esterification น่าจะช่วยป้องกันการเกิด lipid oxidation ได้ จากการศึกษาวิจัยการสกัดสารลูทีนจากดอก marigold flowers ที่นิยมให้เป็นสีผสมอาหารในอุตสาหกรรม และเตรียมเป็นสาร myristic acid ester 2 รูปแบบ di-myristic and monomyristic acid เมื่อผสมกับน้ำมันข้าวโพดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 10 วัน พบว่า free lutein ทำให้ปริมาณ peroxide ในน้ำมันข้าวโพดเพิ่มเป็นลำดับในระหว่างการเก็บ ถ้าปริมาณลูทีนมากขึ้นจะทำให้ peroxide มากขึ้นตามด้วย ขณะที่ lutein dimyristate มีผลทำให้อัตราการเกิด lipid oxidation ช้าลง และไม่ผลทำให้เกิด lipid oxidation เลย เมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำ 10 µg/g (Subagio, A. and Morita, N.; 2003)

6.2 Losso et al. (2005) รายงานว่า Lutein (3,3'- dihydroxy- α -carotene) และ zeaxanthin (3,3'- dihydroxy- β -carotene) เป็น carotenoids ที่พบมากในส่วนจอประสาทตา (macular) ของคนเราประมาณ 100 ng ส่วน lycopene และ β -carotene จะอยู่ในส่วน ocular tissues สาร lutein จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการป้องกันการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อม หรือ Age-related Macular Degeneration (AMD) การบำบัดรักษาด้านโภชนาการจึงเป็นเรื่องที่ค้ำจุนถึงโดยเบื้องต้น การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น สลัดครีม (salad dressing) ที่อุดมด้วยสารลูทีนจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ควรศึกษาในเรื่องความคงตัวของสาร เพื่อร่างกายจะได้นำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

จากข้อมูลความสำคัญของ phosphatidylglycerol ในการช่วยปกป้องสารสีในกระจกตาไม่ให้เกิด AMD ได้นั้น Losso et al. (2005) จึงมีความสนใจนำมาใช้เป็นส่วนผสมร่วมกับสารลูทีนในการเตรียม salad dressing (lutein-enriched oil in water emulsion) โดยมีส่วนผสมดังนี้ 15-25% corn oil, 1.5-3.5 % whey protein isolates, 0.025 -0.031% lutein และ 0.03-0.3% phosphatidylglycerol ปรับ pH ให้ได้ 3.8-4.8 ผสมด้วยเครื่อง homogenizer ความเร็วสูง เตรียมทั้งหมด 9 ชุดการทดลองและประเมินด้วยวิธีการ random centroid optimization ผลการตรวจสอบในด้านความคงตัวพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียม คือ 20% corn oil, 2.0 % whey protein isolates, 0.0282% lutein and 2.0% phosphatidylglycerol ใช้ pH 4.55 ให้ลักษณะ emulsion ที่มีความคงตัวสามารถทนทานต่อการถนอมรักษาด้วยความร้อนที่ 90 °ซ นาน 5 นาที และเก็บรักษาที่ 4 °ซ นาน 24 ชม. ผลที่ได้ไม่แตกต่างกับน้ำสลัดที่เตรียมใหม่ และเมื่อตรวจสอบปริมาณ lutein ด้วยเครื่อง HPLC ก็ไม่พบ lutein degraded products จากการได้รับความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ phosphatidylglycerol ทำให้น้ำสลัดมีความคงตัวดีกว่า phosphatidylcholine

6.3 Masetto, A. et al. (2001) ได้ศึกษากระบวนการผลิต zeaxanthin โดยเชื้อ *Flavobacterium sp.* (ATCC 21588) จากการที่ U.S. FDA ออกประกาศเป็นกฎหมายห้ามใช้สีแดงและเหลือง (carotenoids) ที่ได้จากสีสังเคราะห์ ดังนั้นสีที่ได้จากธรรมชาติจึงเป็นที่ต้องการของตลาดและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ zeaxanthin เป็นสารกลุ่ม carotenoids ที่มีสีเหลือง พบมากในข้าวโพด แอลฟาฟ่า และ marigold flowers นิยมใช้เป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ อาหารสัตว์ เช่น สัตว์ปีกช่วยให้ไข่แดงมีสีเหลืองเข้ม ส่วนปลาและหอย ช่วยให้ผิวมีสีสวย เชื้อแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์สาร zeaxanthin ได้ คือ *Flavobacterium sp.* ซึ่งเป็นแหล่งผลิตที่ดีให้ปริมาณมาก

ในการผลิต zeaxanthin โดยเชื้อ *Flavobacterium sp.* มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง ได้แก่ สภาวะอุณหภูมิ ออกซิเจน ไนโตรเจน และคาร์บอน รวมทั้งส่วนผสม อาหารเลี้ยงเชื้อ ตลอดจนความเร็วในการคน (agitation speed) ซึ่งมีปัจจัยปริมาณออกซิเจน ที่ควบคุมด้วย aeration rate ทั้งสองปัจจัยนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อปริมาณ zeaxanthin ที่ผลิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารเลี้ยงเชื้อที่น่าสนใจทดลองคือ corn steep liquor ที่มีสารอาหาร amino acids มากมายที่เหมาะสมนำมาใช้

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต zeaxanthin ด้วย fermentor ขนาด 4 L คือ agitation speed 600 rpm, aeration rate 2 vvm, 4.6% corn steep liquor สามารถทำให้เชื้อ *Flavobacterium sp.* เจริญเติบโตได้จำนวนสูงสุดและให้ผลผลิต zeaxanthin มากถึง 86% ของ total carotenoids จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงต่อปริมาณที่ได้คือ agitation speed และ ความเข้มข้นของ corn steep liquor และ aeration rate มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของเชื้อนี้

7. การศึกษาปริมาณ lutein and zeaxanthin ในไข่แดง และผักผลไม้ในต่างประเทศ

7.1 Soomerburg et al. (1998) ได้ศึกษาปริมาณ lutein and zeaxanthin ในผักผลไม้หลายประเภท เพื่อให้ได้ทราบว่าแหล่งของสารทั้งสองในผักผลไม้ที่มีมากพอเพื่อช่วยเสริมสุขภาพของดวงตาหรือช่วยป้องกันโรคจอประสาทตาเสื่อมในผู้สูงอายุ นั้นเป็นผักผลไม้ชนิดใดบ้าง ตัวอย่างที่ศึกษาประกอบด้วยผักผลไม้จำนวน 33 ชนิด น้ำผลไม้ 2 ชนิด และไข่แดง วิธีการตรวจสอบโดยสัปดาห์ประกอบด้วย carotenoids และแยกชนิด isomers ด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) with idode array detector ผลการตรวจสอบพบว่า ไข่แดง (54% mole of lutein and 35% mole of zeaxanthin) และข้าวโพด (60% mole of lutein and 25% mole of zeaxanthin) มีปริมาณ lutein and zeaxanthin สูงสุด สำหรับผลไม้ ลำดับหนึ่งคือ กีวีฟรุต (54% mole of lutein) รองลงมาเป็นองุ่นแดง (53% mole of lutein) น้ำส้ม (35% mole of lutein), ส้ม (35% mole of lutein), ส้ม (22% mole of lutein) แอปเปิ้ล (20% mole of lutein) และ มะม่วง (18% mole of lutein) เป็นต้น จะเห็นได้ว่า สาร lutein and zeaxanthin สามารถพบได้ในผลไม้หลายชนิดที่มีสีเหลืองส้มแดงรวมทั้งสีเขียว ดังนั้นการบริโภคผลไม้หลากหลายสีจะสามารถช่วยเพิ่มสาร lutein and zeaxanthin ให้กับร่างกาย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสาร antioxidants ช่วยป้องกันการทำลายจอประสาทตาจาก free radicals และชะลอการเสื่อมสภาพ หรือการเกิดโรค Age-related macular degeneration (AMD)

7.2 Breithaupt, D.E. and Bamedi, A. (2001) รายงานว่า สารกลุ่ม carotenoids มีสมบัติ antioxidants ช่วยป้องกันโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคหัวใจ โรค Age-related macular degeneration (AMD) และโรคต้อ (cataracts) ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นสาร เบต้าแคโรทีน (β -carotene) และ lycopene จึงมีเป้าหมายที่จะศึกษาถึง สาร carotenoids ในรูปที่อยู่ในธรรมชาติคือ natural carotenoid esters รวมถึงสาร β -cryptoxanthin esters ซึ่งเป็นสาร provitamin A carotenoids (retinol) ในตัวอย่างผักผลไม้ 64 ชนิด ที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปในประเทศเยอรมัน โดยได้ทำการตรวจสอบ carotenoid esters ในรูป lutein dimyristate equivalents ($\mu\text{g}/100\text{g}$) ด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) with idode array detector ซึ่งสามารถตรวจแยกสารกลุ่ม xanthophyll esters ในผักผลไม้ ที่อยู่ในรูป diesters, lutein, cryptoxanthin, violaxanthin และ zeaxanthin ได้ทั้งหมด ผลการศึกษานี้พบว่า สามารถตรวจสอบ natural carotenoid esters ได้ทั้งผักผลไม้ที่มีสีหลากหลายไม่ใช่เฉพาะสีแดง เหลือง และส้มเท่านั้น ตัวอย่างที่พบมากที่สุดคือ red sharp chilli (17.1 mg/100g) รองลงมาเป็น orange pepper (9.2 mg/100g), red pepper (6.8 mg/100g) และ yellow pepper (2.1 mg/100g) สำหรับผลไม้ พบ natural carotenoid esters มากที่สุดในมะละกอ (2.4 mg/100g) รองลงมาเป็นลูกพลับ (1.7 mg/100g) ผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม พบในระดับปานกลาง 0.5-1.5 mg/100g ส่วนแอปเปิ้ล แอปริคอต อาโวคาโด พลัม กูสเบอร์รี่ มีระดับต่ำกว่า 0.5 mg/100g นอกจากนี้มะละกอ แกรปฟรุต มะเขือเทศ และแตงโม ยังมีสาร lycopene ขณะที่กล้วย สคอช และแครอท มีสาร β -carotene เพิ่มเติม

7.3 จากข้อมูลจาก http://www.eyecassociates.com/ranking_of_foods_containing_lute.htm ได้เรียงลำดับปริมาณ Lutein and Zeaxanthin ในผักและผลไม้ จากมากไปน้อย ดังนี้

Vegetable/Fruit (100 grams or 1/2 cup)	Lutein and Zeaxanthin (Micrograms)	Vegetable/Fruit (100 grams or 1/2 cup)	Lutein and Zeaxanthin (Micrograms)
Kale	21,900	Pepper, Yellow	770
Collard Greens	16,300	Green Beans	740
Spinach, cooked & drained	12,600	Pepper, Green	700
Cress Leaf, raw	12,500	Asparagus, raw	640
Swiss Chard, raw	11,000	Cucumber Pickle	510
Chicory Leaf, raw	10,300	Green Olives	510
Parsley	10,200	Avocado, raw	320
Spinach, raw	10,200	Carrots, cooked or raw	260
Mustard Greens	9,900	Plum, raw	240
Beet Greens	7,700	Tomato Paste, canned	190
Okra	6,800	Peach, dried	188
Pepper, Red	6,800	Kiwi Fruit, raw	180
Dill	6,700	Prune, dried	120
Romaine Lettuce	5,700	Pear, raw	110
Endive	4,000	Tomatoes, raw	100
Celery	3,600	Apple, raw	45
Scallions	2,100	Squash, winter, cooked	38
Leeks	1,900	Peach, canned, drained	28
Broccoli, cooked	1,800	Cabbage, red, raw	26
Leaf Lettuce	1,800	Tangerine	20
Green Peas	1,700	Onion, yellow, raw	16
Pumpkin	1,500	Nectarine	15
Iceburg Lettuce	1,400	Orange	14
Brussel Sprouts	1,300	Watermelon, raw	14
Summer Squash	1,200	Apricot, canned, drained	2
Corn	790	Turnip, raw	1

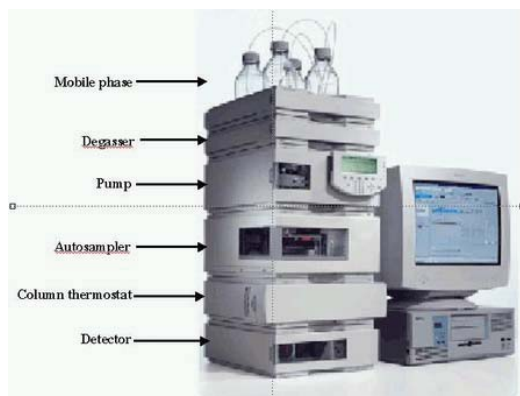
7.4 Murillo, E. et al. (2010) ได้ศึกษาปริมาณ lutein and zeaxanthin ในผักผลไม้ทั้งชนิดที่นิยมปลูกทั่วไปและพื้นบ้านของประเทศปานามา จำนวน 74 ตัวอย่าง พบว่า ละมุด (South America sapote)

เป็นผลไม้ที่พบปริมาณ lutein สูงสุดคือ (2.2 $\mu\text{g/g}$) รองลงมาเป็น ฝรั่งไล่แดง เมื่อจัดระดับปริมาณ carotenoids (Britton and Khachik, 2009) : ระดับสูงอยู่ระหว่าง 0.5-2.0 mg/100g หรือ 5-20 $\mu\text{g/g}$ และระดับสูงมาก คือมากกว่า 2 mg/100g หรือ 20 $\mu\text{g/g}$ ผลการตรวจสอบครั้งนี้พบว่า sastra หรือ lemon mangosteen เป็นแหล่ง lutein ที่สำคัญลำดับแรก (36.8 $\mu\text{g/g}$) รองลงมาเป็น มะปราง (yellow mombin) (8.6 $\mu\text{g/g}$) ซึ่งอยู่ในระดับสูง สำหรับผลไม้ที่มีปริมาณ lutein ในระดับต่ำกว่า 5 $\mu\text{g/g}$ ได้แก่ red guava (1.2 $\mu\text{g/g}$) mango (0.6 $\mu\text{g/g}$) papaya (0.2 $\mu\text{g/g}$) orange (2.0 $\mu\text{g/g}$) เป็นต้น สำหรับ zeaxanthin พบสูงมากในละมุด (South America sapote) (46.2 $\mu\text{g/g}$) รองลงมาเป็นส้มแมนดาริน (2.1 $\mu\text{g/g}$)

8. การแยก (Isolation) การทำให้บริสุทธิ์ (Purification) และการวิเคราะห์ lutein and zeaxanthin ด้วยหลักการ high performance liquid chromatography

เทคนิคการแยก Lutein และ Zeaxanthin ในข้าวโพด มีคณะนักวิจัยทำการศึกษาและรายงานไว้หลายวิธี โดยสารสำคัญทั้งสองชนิดนี้ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในชั้น เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) ของเมล็ดข้าวโพด บดเมล็ดและสกัดได้ดีด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ 85% เมล็ดข้าวโพดคั่วทั้งเมล็ด (Whole ground corn) รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว (Cheryan 2001, Moros และคณะ 2002 และ Muralidhara 1997) แต่เนื่องจากการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ จะทำให้น้ำตาลและกรดไขมันในข้าวโพดถูกสกัดออกมา (interfere) พร้อมกับสารที่ต้องการด้วย ฉะนั้นการสกัดด้วยตัวทำละลายที่เป็นแอลกอฮอล์เพียงชนิดเดียว จึงยังมีวิธีการที่ดีที่สุด ทั้งนี้วิธีการสกัดโดยใช้ Membrane technology มาช่วยในการสกัดและทำให้บริสุทธิ์ โดยการนำ UF หรือ Ultrafiltration และ NF หรือ Nanofiltration มาใช้คัดแยกสารที่สนใจจะช่วยลดการปนเปื้อน นอกจากนี้ยังพบว่าข้อดีของการแยกด้วย Membrane คือเป็นการแยกในสภาวะที่ไม่ทำลายคุณสมบัติของสาร Xanthophylls (Eliza และคณะ 2007) อีกด้วย

Robert และคณะ 2005 (1) ได้นำเสนอแนวทางการสกัดและแยกสาร Lutein และ Zeaxanthin ไว้ดังนี้ แยกจากโปรตีนข้าวโพด (Corn gluten) โดยใช้ตัวทำละลายสกัด (Solvent extraction) แยก (Separation) ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ (thin layer chromatography) เพื่อใช้จำแนก (Identified) และทำให้บริสุทธิ์ (Purification) เปรียบเทียบค่า R_f value ของสารที่สนใจกับสารมาตรฐาน โดยสังเกตจากสารที่สนใจจะทำปฏิกิริยาและเกิดสี (Color reaction) เมื่อทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์ไนเตรด (AgNO_3) หลังจากนั้นทำการยืนยันผลด้วยเทคนิค UV-spectrum, RP-HPLC และ LC/MS ซึ่งพบว่าผลงานวิจัยเป็นที่ยอมรับ นอกจากนี้ยังมีการนำ เครื่องมือที่ทันสมัยที่เรียกว่า High-Speed Counter-Current Chromatography (HSCCC) มาประยุกต์ใช้ด้วย



เครื่อง High Performance Liquid Chromatography



เครื่อง High-Speed Counter-Current Chromatography (HSCCC)

เครื่อง HSCCC เริ่มพัฒนาดังแต่ช่วงต้นปี 1980 โดย Yoichiro จากสถาบันสุขภาพแห่งชาติ (the National Institute of Health Bethesda, MD) โดยอาศัยหลักการ gravitational และ centrifugal ในระหว่างการไหลของตัวทำละลายหรือ mobile phase บริเวณท่อขดลวด เครื่องมือนี้สามารถแยกได้ทั้งชนิด สกัดจากสารสกัดหยาบ (crude extract) ของข้าวโพดหวาน (sweet corn) สามารถแยกได้ทั้ง (all-E)-lutein และ (all-E)-zeaxanthin พบว่าให้ผลผลิตที่มีความบริสุทธิ์สูงถึง 90-93 % สามารถใช้เป็นสารมาตรฐานอ้างอิงได้ ทั้งนี้ใช้วิธีการจำแนกหรือ characterized ด้วย $^1\text{H NMR}$, LC/APcL-MS และ UV-vis spectroscopy (Robert และคณะ 2005) (2)

Aruna และคณะ 2009, Corey และคณะ 2005 ได้สกัด Lutein และ Zeaxanthin จากโปรตีนข้าวโพด (Corn gluten) โดยใช้เครื่อง Supercritical CO_2 หรือ เรียกว่า Supercritical Fluid Extraction SFE ซึ่งจะให้ผลผลิตที่เป็นทั้งสารสี (pigment) และ กรดไขมัน (fatty acid) จากน้ำมันข้าวโพดไปพร้อมๆ กันด้วย หลังจากนั้นนำมาแยกด้วย MgO Column Chromatography แล้วนำไปตรวจสอบความบริสุทธิ์ เปรียบเทียบกับสาร

มาตรฐานด้วยเทคนิค โครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography) , การวัดค่าดูดกลืนแสง (UV-visible) และเทคนิคทางเคมีวิเคราะห์อื่นควบคู่กันไป



เครื่อง Supercritical Fluid Extraction SFE

หลักการ เป็นการสกัดโดยใช้ของเหลววิกฤติที่ยิ่งยวด หรือ ของเหลวไหลเหนือวิกฤติ (Supercritical fluid) ซึ่งเป็นจุดที่สารอยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันที่เป็นจุดวิกฤติ (Critical point) ของเหลวที่อยู่ในสภาวะนี้ มีองค์ประกอบที่ไม่ใช่ของเหลว หรือก๊าซแต่มีลักษณะเป็นของไหลกึ่งของเหลวและก๊าซ มีคุณสมบัติคล้ายตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถแพร่ซึมผ่านได้ดีเหมือนก๊าซ มีความข้นหนืดและแรงตึงผิวน้อย ทำให้สามารถสกัดหรือพาสารที่ต้องการออกได้ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้นิยมนำเอาวิธีการสกัดแบบ SFE มาใช้ในการสกัดสารสำคัญจากพืชต่าง ๆ มากกว่าวิธีการสกัดอื่น ๆ โดยเฉพาะการสกัดด้วยตัวทำละลายที่อาจมีปัญหาในการกำจัดเอาตัวทำละลายออกได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการตกค้างของตัวทำละลายในสารสกัดที่ได้ นอกจากนั้น วิธีการสกัดแบบ SFE ยังเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปและอเมริกา เนื่องจากสามารถลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ลดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและใช้เวลาสกัดน้อยกว่า ไม่เกิดการเสื่อมสลายขององค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด แม้ว่าการสกัดและแยก Lutein และ Zeaxanthin ด้วยเครื่อง SFE จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง และสะดวก ประหยัดสารเคมี แต่เนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างแพง การดูแลรักษาต้องเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง จึงยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายนัก

Yao, Huiyuan และคณะ (2007) รายงานถึงวิธีการสกัดจากโปรตีนข้าวโพด (Corn protein) ที่พบเป็นผงละเอียด ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ และเติมเอนไซม์ 180-250 NPU/g protein ปั่นแยกตะกอนด้วย

เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,500-3,500 rpm และนำส่วนใสไประเหยแห้ง ละลายส่วนแห้งด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม และกรองละเอียดด้วย Nanofilter ชนิด membrane แบบ polyethersulfone ผลผลิตกันท์ที่ได้ (% yield) ของ lutein และ Zeaxanthin ทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 0.35 -0.65 กรัม และ 0.5-0.7 กรัมตามลำดับ เริ่มจากปริมาณโปรตีนข้าวโพด เริ่มต้น 100-150 กรัม

ปัจจุบันถึงแม้ว่าจะมีการนำเอาเครื่องมือ และเทคโนโลยีที่ทันสมัย มาใช้ประกอบการยืนยันผลการวิเคราะห์และแยกสารดังกล่าวเพิ่มขึ้น แต่การแยกและวิเคราะห์สาร Lutein และ Zeaxanthin ในระดับห้องปฏิบัติการยังนิยมใช้เทคนิคการสกัดและแยกด้วยแอลกอฮอล์ หรือ ตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสม และนำไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และยืนยันผลด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง หรือ HPLC –RP โดยล่าสุดนิยมใช้ คอลัมน์ชนิด C30 reversed phase column (YMC) เป็นเฟสคงที่ (Stationary phase) ในการแยก (Alisa และคณะ 2009) เนื่องจาก มีความสะดวก รวดเร็ว ให้ผลถูกต้อง แม่นยำ และเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับในระดับมาตรฐานสากล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาวิจัยปริมาณ Lutein และ zeaxanthin รวมทั้ง isomers ที่เกี่ยวข้องในผลไม้ไทยชนิดต่างๆ ที่ปลูกตามฤดูกาล ด้วยวิธีการ high performance liquid chromatographer (HPLC)
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณ Lutein และ zeaxanthin ในผลไม้ไทยชนิดต่างๆ ได้แก่ สายพันธุ์ แหล่งที่ปลูก เป็นต้น
3. รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลไม้ดังกล่าวเพื่อการแนะนำการบริโภคอย่างเหมาะสมเพื่อสุขภาพ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. การสุ่มตัวอย่างทดลอง

เก็บตัวอย่างผลไม้ไทย จำนวน 21 ชนิด รวม 47 สายพันธุ์ โดยซื้อจากแหล่งจำหน่าย /แหล่งที่ปลูกต่างๆ รวมทั้งสิ้น 170 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคการสุ่มเก็บตัวอย่างตามวิธี Codex Recommendation Methods of Sampling for the Determination of Pesticide Residues.. CAC/GL 33-1999 ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปภาพแสดงในภาคผนวก

2. การเตรียมตัวอย่าง

ล้างทำความสะอาดผิวนอกผลไม้แต่ละชนิดที่สุ่มเก็บ ผึ่งให้แห้ง แล้วจึงปอกเปลือกและหั่นส่วนที่รับประทานไม่ได้ทิ้ง สำหรับผลไม้ที่รับประทานทั้งเปลือกได้ จะตัดทิ้งเฉพาะส่วนที่ไม่นิยมรับประทานเท่านั้น หั่นตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็ก คลุกเคล้าให้เข้ากัน บรรจุในถุงเย็น ชั่งน้ำหนักให้ได้ถุงละ 500 กรัม จำนวน 3-4 ถุง แล้วเก็บแช่เยือกแข็ง -20 องศาเซลเซียส เพื่อการวิเคราะห์ตรวจสอบต่อไป

ตารางที่ 1 รายการผลไม้ที่ตรวจวิเคราะห์ และแหล่งที่เก็บตัวอย่าง

สายพันธุ์	แหล่งซื้อ/ปลูก	สายพันธุ์	แหล่งซื้อ/ปลูก
1. ชมพู, ทับทิมจันทร์	ตลาดราชวัตร	กล้วยเล็บมือนาง	ตลาดสมุทรสงคราม
	ตลาด อดก. (ราชบุรี)		ตลาดสี่มุมเมือง
	ตลาดนนทบุรี		ตลาดยิ่งเจริญ
	ตลาดยิ่งเจริญ		ตลาดชลบุรี
ชมพูเพชร	ตลาดนนทบุรี	กล้วยหักมุก	ตลาด อดก.

	ห้างแมคโคร		ตลาดยิ่งเจริญ
	ตลาดสมุทรสงคราม		ตลาดสี่มุมเมือง
	ตลาดชลบุรี		ตลาดศรีย่าน
2. แดงโม, ตอร์ปิโด	ตลาด อตก.	13. มะม่วง, เชื้อวเสวย	ตลาดราชวัตร (ลพบุรี)
	ที่อพยพเปอร์มาร์เก็ต		ตลาดไท (แปดริ้ว)
	ที่อพยพเปอร์มาร์เก็ต		ราชบุรี
	ที่อพยพเปอร์มาร์เก็ต		ตลาดสมุทรสงคราม
แดงโม, กิณี	ตลาดสี่มุมเมือง		ตลาดชลบุรี (ชลบุรี)
	ตลาดสี่มุมเมือง	มะม่วง, น้ำดอกไม้	ตลาดราชวัตร (ลพบุรี)
	ตลาดสมุทรสงคราม		ตลาดไท (แปดริ้ว)
	ที่อพยพเปอร์มาร์เก็ต		ตลาดสมุทรสงคราม
3. แดงไทย	ตลาดราชวัตร		ตลาดชลบุรี (ชลบุรี)
	ตลาดไท	มะม่วง, อก่อง	ตลาด อตก.
	ตลาดยิ่งเจริญ		ตลาดสมุทรสงคราม
	ตลาดสมุทรสงคราม		ตลาดชลบุรี
	ตลาดชลบุรี	มะม่วง, มหาชนก	ตลาดสี่มุมเมือง
	ตลาดมหานาค		ตลาดสี่มุมเมือง
4. ฝรั่ง, สาลี่/แป้นสีทอง	ตลาดราชวัตร		ที่อพยพเปอร์มาร์เก็ต
	ตลาดไท	มะม่วง, มั่นขุนศรี	ตลาดสมุทรสงคราม (ราชบุรี)
	ตลาดสมุทรสงคราม		ตลาดสมุทรสงคราม
	ตลาดสมุทรสงคราม		ตลาดราชวัตร
ฝรั่ง, กิมจู	ตลาดราชวัตร		ตลาดชลบุรี
	ตลาดนนทบุรี	มะม่วง, เชื้อวรกต	ตลาดมหานาค
	ตลาดชลบุรี		ตลาดมหานาค
	ตลาดสี่มุมเมือง		ตลาดราชวัตร
5. มะละกอ, แกดำ	ตลาดราชวัตร		ตลาดศรีย่าน
	ตลาดนนทบุรี	มะม่วง, เชื้อวใหญ่	ตลาดชลบุรี
	ห้างแมคโคร	มะม่วง, พรหมฉายเมีย	สมุทรสงคราม
	ตลาด อตก.	14. มะปราง	นครนายก
	ตลาดราชวัตร		สมุทรสงคราม
มะละกอ, ฮอลแลนด์	ตลาดไท (เชียงใหม่)		ตลาดราชวัตร
	ตลาดไท (กำแพงเพชร)	15. มะขงชิด	นครนายก
	ตลาดไท (อุตรดิตถ์)		เพชรบูรณ์
	ตลาด อตก.		ตลาดราชวัตร

	ร้านโครงการหลวง		ตลาด อตก. (ฝาง)
6. มะขามเทศ	ตลาดไท	16. มะเฟือง, มาเลย์ ชนิด หวาน	ตลาดราชวัตร
	ตลาดสมุทรสงคราม		ตลาด อตก.
7. ระกำ	ตลาดไท		ตลาดสมุทรสงคราม
8. ส้มโอ, ขาวน้ำผึ้ง	ตลาด อตก. (สามพราน)		ตลาดยิ่งเจริญ
	ตลาดไท (พิจิตร)	17. ละมุด, พันบ้าน	ตลาดราชวัตร
	จังหวัดกาญจนบุรี		ห้างแมคโคร
	ตลาดสี่มุมเมือง	ละมุด, สาลี่	ตลาดราชวัตร
ส้มโอ, ทองดี	ตลาด อตก. (สามพราน)	18. สละ	ตลาดไท (จันทบุรี)
	ตลาดนนทบุรี		ตลาดสมุทรสงคราม (สุมาลี)
	ตลาดไท (พิจิตร)		ห้างแมคโคร (เนินวงศ์)
	ตลาดสี่มุมเมือง		ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต (หม้อ)
ส้มโอ, ขาวใหญ่	อัมพวา สมุทรสงคราม	19. สับปะรด, ศรีราชา	ตลาดนนทบุรี
	ตลาดอตก. (สมุทรสงคราม)		ตลาดไท (ชลบุรี)
	ห้างแมคโคร		ตลาดชลบุรี
9. ส้ม, สายน้ำผึ้ง	ตลาดราชวัตร (เชียงใหม่)		ตลาดราชวัตร
	ตลาดนนทบุรี		ห้างแมคโคร
	ตลาดไท (เชียงราย)	ทุเรียน/ปิตตาเวีย	ตลาดนนทบุรี (ราชบุรี)
	ตลาดราชวัตร (ฝาง)		ตลาดไท (ตราด)
	ตลาดสมุทรสงคราม		ห้างแมคโคร
ส้ม, บางมด	ตลาดราชวัตร		ตลาดสี่มุมเมือง
	ตลาดนนทบุรี		ตลาดมหานาค
	ตลาดยิ่งเจริญ	สวนผึ้ง	ตลาดสมุทรสงคราม
	ตลาดราชวัตร		ตลาด อตก.
10. ส้ม, เกลี้ยง	ตลาดสมุทรสงคราม		ตลาดสี่มุมเมือง
	ตลาด อตก.		ตลาดศรีขันธ์
	ตลาดยิ่งเจริญ	ห้วยมุ่น	ตลาด อตก. (อุตรดิตถ์)
	ตลาดชลบุรี		ตลาดมหานาค
11. เสาวรส, สีม่วง	โครงการหลวง (เชียงใหม่)		ร้านผลไม้ มก.
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต (เชียงราย)	20. ขนุน, ทองประเสริฐ	ตลาดราชวัตร (ปราจีนบุรี)
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต		ตลาดไท
	ร้านผลไม้ มก. (เขาค้อ)		ตลาดมหานาค

เสาวรส, สีเหลือง	ไร่อุดมสุข เพชรบูรณ์		ตลาดชลบุรี
12. กล้วยน้ำว่า	ตลาดราชวัตร	ขนุน, สีทอง	ห้างแมคโคร
	ตลาดนนทบุรี		ตลาดไท (ชลบุรี)
	ตลาดไท		ตลาดมหานาค
	ตลาดสี่มุมเมือง		ตลาดชลบุรี
กล้วยหอม	ตลาดอัมพวา สมุทรสงคราม	ขนุน, เพชรราชา	ตลาดสมุทรสงคราม
	ตลาดสมุทรสงคราม		ตลาดชลบุรี(ประจวบคีรีขันธ์)
	ตลาดสี่มุมเมือง	21. มะขาม, สีทอง	ตลาดสมุทรสงคราม
	ตลาดยิ่งเจริญ		ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต
	ตลาดชลบุรี		ร้านผลไม้ มก.
กล้วยไข่	ตลาดราชวัตร	สีชมพู	ตลาดสมุทรสงคราม
	ตลาดนนทบุรี		ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต
	ตลาดไท		ร้านผลไม้ มก.
	ตลาดสี่มุมเมือง		
	ตลาด อดก.		

3. ขั้นตอนการสกัดตัวอย่าง (Howe and Tanumihardjo, 2006)

3.1 ละลายตัวอย่างผลไม้ 1 กิโลกรัม ที่เก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง โดยเก็บไว้ข้ามคืนในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส นำมาปั่นผสมให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบดผสมไฟฟ้า แบ่งตัวอย่าง 200 กรัม นำไป homogenize ด้วยเครื่อง Ultra-Turrax

3.2 ชั่งตัวอย่าง 5.00xx กรัม ที่ปั่นละเอียดใส่หลอดทดลอง เติม 4MgCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.05 กรัม เติมสารละลาย 0.5 ml 0.1% BHT in MeOH และ 0.5 ml สารละลาย 10% KOH จำนวน 3 หลอด

3.3 ชั่งตัวอย่าง 5.00xx กรัม ที่ปั่นละเอียดใส่หลอดทดลอง เติม 4MgCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.05 กรัม เติมสารละลาย 0.5 ml 0.1% BHT in MeOH และ 1 ml สารละลาย 10% KOH เติมสารละลายมาตรฐานผสม mix working solution ปริมาตร 0.5 ml จำนวน 1 หลอด เพื่อหา % Recovery

3.4 เติมสารสกัดที่เตรียมจาก hexane : ethanol : acetone (40 : 40 : 20) ปริมาตรหลอดละ 5 ml เขย่าให้เข้ากันหลอดละ 5 นาที ด้วยเครื่อง vortex mixer ห่อกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์ป้องกันแสง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง

3.5 สกัดด้วย petroleum ether ปริมาตร 3 ml จำนวน 7 ครั้ง เขย่าด้วยเครื่อง Vortex mixer 1 นาที เก็บส่วนบนหรือจนกว่าสารละลายส่วนบนจะใส และรวมส่วนบนที่ได้แล้วเติมน้ำกลั่น 1 ml เขย่าให้เข้า

กัน เก็บส่วนน้ำกลั่นและทดสอบความเป็นด่างด้วยสารละลาย 0.2% phenolphthalein ทำซ้ำประมาณ 5 ครั้ง หรือจนกว่าน้ำกลั่นจะไม่เปลี่ยนเป็นสีชมพู

3.6 ระบายสารละลายที่สกัดได้ทั้งหมด ด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

3.7 ละลายด้วยสารละลายผสม 2 ชนิด ที่เตรียมได้จาก 1) 0.5 mL ของสารละลายที่เตรียมโดย 0.1 g สารละลาย 0.01% BHT in MeOH และ 0.05 mL triethylamine ในสารละลาย acetonitrile : methanol : 0.05 M ammonium acetate อัตราส่วน 75 : 20 : 5 ml และ 2) 0.5 mL ของสารละลาย 1- butanol : acetonitrile อัตราส่วน 30:70

3.8 กรองสารละลายด้วย syringe filter ชนิด PTFE ใส่ vial สีชา ปิดให้สนิท ขนาด 2 ml นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

4. การเตรียมสารมาตรฐาน carotenoids 5 ชนิด

สารมาตรฐานประกอบด้วย Lutein 5 mg, Zeaxanthin 5 mg , β - cryptoxanthin 1 mg, β - carotene 10 mg และ Lycopene 5 mg สั่งซื้อจากบริษัท Extrasynthese ประเทศฝรั่งเศส

การเตรียม **stock solution** : Lutein, Zeaxanthin, β - cryptoxanthin, β - carotene และ Lycopene ความเข้มข้น 500 , 500 , 100, 1,000 และ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ในสารละลายที่เตรียมตามข้อ 3.7 บรรจุใน volumetric flask สีชา (amber bottles) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีความคงตัวนาน 12 เดือน เนื่องจากสารละลายมีส่วนผสม 0.01% BHT in MeOH ซึ่งเป็นสาร antioxidant จึงช่วยป้องกันการเสื่อมสลายได้

การเตรียม **working solution** : ปิเปตสารละลายผสม carotenoids ชนิด ละ 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรสีชา ขนาด 25 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยสารละลายที่เตรียมตามข้อ 3.7 (มีส่วนผสม 0.01% BHT in MeOH ซึ่งเป็นสาร antioxidant จึงช่วยป้องกันการเสื่อมสลายได้) สำหรับเจือจางให้ได้ ปริมาตร สำหรับสร้างกราฟมาตรฐานเส้นตรง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส มีความคงตัวนาน 6 เดือน

5. การวิเคราะห์ด้วย HPLC (Lin and Chen, 2003)

เครื่องโครมาโตกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) ยี่ห้อ Agilent HP 1200 ประกอบด้วย

- เครื่องตรวจวัดแสงด้วย UV detector ที่ความยาวคลื่น 476 nm
- เครื่องฉีดสารละลายอัตโนมัติ (Auto injector) ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส

- ชนิดของคอลัมน์ : YMCTM Carotenoid column (250 mm × 4.6 mm i.d.) with a particle size of 5 µm (YMC, Wilmington, MA, USA) ควบคุมอุณหภูมิที่คอลัมน์เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส
- ปริมาตรตัวอย่าง (injection volume) 5 ไมโครลิตร
- เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ประกอบด้วย A: 1- butanol : acetonitrile (30:70) และ B : Dichloromethane อัตราส่วนของสารละลาย A และ B เป็นดังนี้ เริ่มด้วย % A:% B (99:1) เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที % B จะเท่ากับ 4 % 50 นาที % B เท่ากับ 10 % เมื่อถึงเวลา 55 นาที B จะลดลงเหลือ 1 % ใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งสิ้น (running time) 55 นาที ต่อหนึ่งครั้ง
- อัตราการไหล (flow rate) 1 มิลลิลิตรต่อนาที
- Retention time จาก chromatograms ของสารประกอบที่ตรวจสอบ มีดังนี้ : Lutein 6.725 min, Zeaxanthin 8.179 min, β-cryptoxanthin 11.466 min, Tran-β-แคโรทีน 15.866 min และ Lycopene 27.540 min.

Chromatograms ของผลไม้ 20 ชนิด/สายพันธุ์ แสดงในภาคผนวก

6. การทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของสารมาตรฐาน (% recovery)

โดยการเติมสารมาตรฐาน 5 ชนิด Lutein, Zeaxanthin, β-cryptoxanthin, Tran-β-แคโรทีน และ Lycopene ที่ระดับความเข้มข้น 20 , 20, 4, 40 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในตัวอย่างผลไม้ และ แยกสกัดด้วยวิธีการตรวจสอบข้างต้น นำค่าที่ตรวจวัดได้ เทียบกับค่าที่ได้จากตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารมาตรฐาน และคำนวณค่า % recovery ด้วยสูตรดังนี้

$$\% \text{ recovery} = \frac{(\text{Concentration of std. spiked sample}) - (\text{Concentration of original sample})}{\text{Concentration added}} \times 100$$

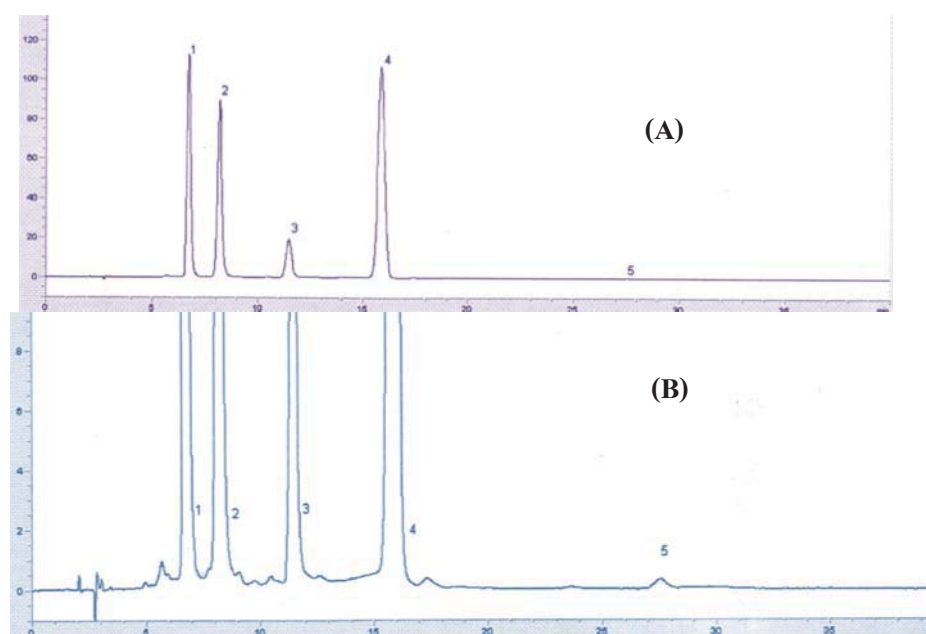
7. การประเมินผลทางสถิติ

ผลที่ได้จากการตรวจสอบและวิเคราะห์ปริมาณ Lutein, Zeaxanthin, β-cryptoxanthin, Tran-β-แคโรทีน Lycopene และค่า total carotenoids แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ร้อยละของจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบสารประกอบ, ช่วงปริมาณต่ำสุด-สูงสุดที่ตรวจพบ โดยแบ่งกลุ่มตามปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ

ผลการทดลอง

1. การทดสอบประสิทธิภาพวิธีการสกัดแยกสาร

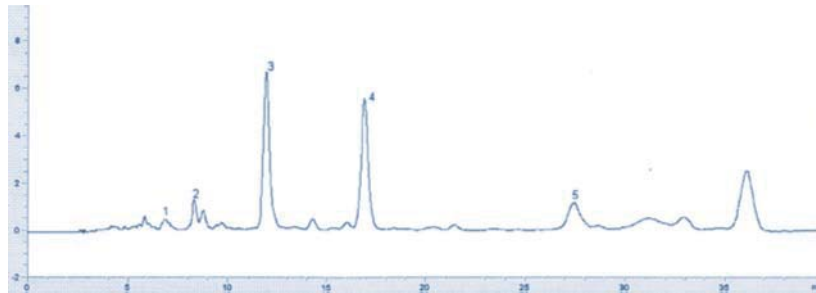
HPLC chromatograms ของสารมาตรฐาน 5 ชนิดที่ศึกษา และผลการตรวจสอบตัวอย่างมะละกอพันธุ์แขกดำ แสดงในภาพที่ 1, 2 และ ภาคผนวก-ภาพที่ 3 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพวิธีการสกัดที่ได้พัฒนาด้วยการเติมสารมาตรฐาน 5 ชนิดในตัวอย่างผลไม้ และเมื่อวัดค่า % recovery ของสารประกอบกลุ่ม carotenoids ได้แก่ lutein (1) zeaxanthin (2) β -cryptoxanthin (3) β -carotene (4) และ lycopene (5) พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ดี หรือมากกว่า 80% (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน carotenoids 5 ชนิด ได้แก่ lutein (1) zeaxanthin (2) β -cryptoxanthin (3) β -carotene (4) และ lycopene (5) ที่ระดับความเข้มข้น 20, 20, 4, 40 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ : (A) สเกลแกน Y ความยาวคลื่นระหว่าง 0-120 mAu และ (B) สเกลแกน Y ระหว่าง 0-10 mAu.

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างผลไม้ และ % Recovery

ชื่อตัวอย่าง	สายพันธุ์	รหัส	น้ำหนักตัวอย่าง	ug/100g						% Recovery
				Lutein	Zeaxanthin	Beta-Cryptoxanthin	beta-Carotene	Lycopene	Total Carotenoids	
มะเฟือง		AcL B1.1	5.0023	7.01	8.52	11.02	69.90	11.02	107.48	
อตก.		AcL B1.2	5.0032	7.01	8.52	9.04	37.04	9.04	70.65	
		AcL B1.3	5.0077	7.01	8.51	9.95	42.65	9.95	78.08	
		AcL B1.4	5.0089	24.92	24.51	11.75	105.06	11.75	177.99	
		Average (ug/100g)		7.01	8.52	10.01	49.87	10.01	85.40	94.49
มะละกอก		CpL(K)B 1.1	5.0093	7.00	12.52	42.55	370.59	852.66	1285.33	
นนทบุรี	แจกคำ	CpL(K)B 1.2	5.0053	7.01	13.30	41.16	380.17	1076.82	1518.46	
		CpL(K)B 1.3	5.0036	7.01	15.10	69.05	530.47	1472.53	2094.15	
		CpL(K)B 1.4	5.0056	27.91	30.04	78.78	625.91	1347.29	2109.92	
		Average (ug/100g)		7.01	13.64	50.92	427.08	1134.00	1466.54	89.83



ภาพที่ 2 โครมาโตแกรมของปริมาณสาร Carotenoids 5 ชนิดที่ตรวจพบในตัวอย่างมะละกอ พันธุ์แขกดำ (ผลเฉลี่ยจากการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ) ได้แก่ lutein 7.01 (1) zeaxanthin 13.64 (2) β -cryptoxanthin 50.92 (3) β -carotene 427.08 (4) และ lycopene 1,134 (5) ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

2. ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ในผลไม้ไทยจากแหล่งจำหน่าย/ปลูกต่างๆ

ในการสุ่มเก็บตัวอย่างผลไม้ไทย 21 ชนิด รวม 47 สายพันธุ์ รวมทั้งสิ้น 170 ตัวอย่าง จากแหล่งจำหน่าย/ปลูกต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียง ได้ทำการตรวจหาสารประกอบ lutein, zeaxanthin, β -cryptoxanthin, β -carotene และ lycopene ที่เป็นองค์ประกอบ เปรียบเทียบปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในผลไม้สายพันธุ์ที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้เป็นข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทางในการเลือกบริโภคผลไม้ไทยที่มี lutein และ zeaxanthin สูง สามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของจอประสาทตาหรือการเกิดโรค Age-related macular degeneration (AMD) ได้ในผู้สูงอายุ

ในการแสดงผลการตรวจสอบปริมาณ lutein, zeaxanthin, β -cryptoxanthin, β -carotene และ lycopene รวมทั้งการคำนวณเป็น total carotenoids นั้น จำแนกตามปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugars) ที่เป็นองค์ประกอบ จึงแบ่งกลุ่มผลไม้ไทยที่ตรวจสอบเป็น 3 กลุ่ม (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย 2549, เนตรนภิส และคณะ, 2554) คือ

1) กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 : ชมพู่ แดงโม ฝรั่ง มะม่วงห่าม มะละกอ มะขามเทศ ระกำ ส้มโอ และเสาวรส

2) กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 : กัลยัม มะม่วงสุก มะปราง มะยงชิด มะเฟือง ละมุด สละ ส้มเขียวหวาน ส้มเกลี้ยง และสับปะรด

3) กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 : ขนุน และมะขาม

ตารางที่ 2 - 21 แสดงปริมาณ lutein, zeaxanthin, β -cryptoxanthin, β -carotene, lycopene และ total carotenoids ทั้งหมด ในตัวอย่างผลไม้ทุกตัวอย่าง (170 ตัวอย่าง) ที่สุ่มเก็บจากแหล่งจำหน่าย/ปลูกต่างๆ พบว่า ผลไม้ที่สำรวจพบสารประกอบ lutein เป็นองค์ประกอบเกือบทุกชนิด ยกเว้น มะม่วงสุก เช่น

กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่า ร้อยละ 10

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน **ชมพู** (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งข้อมูล	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
ทับทิมจันทร์	ตลาดราชวัตร	14.73 ± 2.90	11.33 ± 0.58	0.00	0.00	0.00	25.84 ± 3.79
	ตลาด อตก. (ราชบุรี)	10.94 ± 1.15	10.03 ± 0.41	1.21 ± 0.00	0.00	0.00	22.19 ± 1.56
	ตลาดนนทบุรี	9.01 ± 0.54	9.22 ± 0.13	1.21 ± 1.15	0.00	0.00	19.44 ± 0.67
	ตลาดยิ่งเจริญ	12.04 ± 0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	12.04 ± 0.58
เพชร							
	ตลาดนนทบุรี	17.65 ± 2.34	9.05 ± 0.09	0.44 ± 0.66	0.00	0.00	27.11 ± 2.22
	ห้างแมคโคร	28.59 ± 4.56	0.00	0.00	11.31 ± 2.81	0.00	39.90 ± 7.37
	ตลาดสมุทรสงคราม	18.13 ± 3.68	0.00	0.00	0.00	0.00	18.13 ± 3.68
	ตลาดชลบุรี	18.22 ± 5.35	0.00	0.00	0.00	0.00	18.22 ± 5.35

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ในแตงโม (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
ตอร์ปิโด	ตลาด อดก.	12.09 ± 1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	12.09 ± 1.10
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	21.80 ± 0.59	0.00	0.00	2,411.74 ± 64.8	0.00	2,433.55 ± 65.4
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	13.21 ± 0.74	0.00	0.00	210.22 ± 28.9	0.00	223.43 ± 29.7
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	30.65 ± 0.03	0.00	0.00	336.97 ± 67.6	0.00	367.61 ± 67.6
กินรี	ตลาดสี่มุมเมือง	22.05 ± 0.30	0.00	0.00	60.50 ± 20.81	0.00	82.54 ± 21.11
	ตลาดสี่มุมเมือง	12.48 ± 0.83	0.00	0.00	60.76 ± 3.29	0.00	73.24 ± 2.46
	ตลาดสมุทรสงคราม	13.04 ± 0.16	0.00	0.00	194.55 ± 0.22	0.00	207.59 ± 0.06
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	10.26 ± 0.05	0.00	0.00	111.70 ± 2.51	0.00	121.96 ± 3.00

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน แตงไทย (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
พื้นบ้าน	ตลาดราชวัตร	46.74 ± 1.67	14.81 ± 0.94	0.00	1,267.49 ±257	0.00	1,329.04 ± 257
	ตลาดไท	117.73 ± 4.27	20.99 ± 0.07	0.00	1,401.35 ±110	0.00	1,540.07 ± 114
	ตลาดยิ่งเจริญ	66.70 ± 2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	66.70 ± 2.47
	ตลาดสมุทรสงคราม	63.53 ± 5.81	17.84 ± 1.98	0.00	44.70 ± 6.84	0.00	126.07 ± 10.7
	ตลาดชลบุรี	50.95 ± 0.28	0.00	0.00	122.78 ± 9.48	0.00	173.73 ± 9.19
	ตลาดมหานาค	51.36 ± 4.10	0.00	0.00	26.46 ± 0.10	0.00	77.82 ± 4.19

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ในฝรั่ง (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
สาลี/เป็นสีทอง	ตลาดราชวัตร	13.39 ± 0.76	8.52 ± 0.00	1.21 ± 0.00	0.00	0.00	23.12 ± 0.76
	ตลาดไท	7.83 ± 0.16	0.00	0.00	7.00 ± 0.00	0.00	14.83 ± 0.16
	ตลาดสมุทรสงคราม	10.67 ± 0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	10.67 ± 0.09
	ตลาดสมุทรสงคราม	17.34 ± 0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	17.34 ± 0.89
กิมจู	ตลาดราชวัตร	12.40 ± 0.92	0.00	1.21 ± 0.00	0.00	0.00	13.62 ± 0.92
	ตลาดนนทบุรี	17.40 ± 6.53	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40 ± 6.53
	ตลาดชลบุรี	17.34 ± 0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	17.34 ± 0.89
	ตลาดสี่มุมเมือง	10.67 ± 0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	10.67 ± 0.09

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน มะม่วงห่าม ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β -cryptoxanthin	β -carotene	Lycopene	Total carotenoids
เขียวสวาย	ตลาดราชวัตร (ลพบุรี)	8.89 ± 0.04	24.24 ± 3.53	6.28 ± 0.42	317.19 ± 35.2	0.00	356.60 ± 39.0
	ตลาดไท (แปดริ้ว)	16.77 ± 0.77	12.12 ± 0.42	0.00	91.61 ± 8.58	0.00	120.49 ± 9.69
	ราชบุรี	9.05 ± 0.09	10.43 ± 0.28	0.00	18.43 ± 2.39	0.00	37.91 ± 2.58
	ตลาดสมุทรสงคราม	15.37 ± 0.63	9.35 ± 0.05	0.00	0.00	0.00	24.72 ± 0.68
	ตลาดชลบุรี (ชลบุรี)	0.00	13.79 ± 1.37	0.00	141.10 ± 1.72	0.00	154.89 ± 3.10
มันขุนศรี							
	ตลาดสมุทรสงคราม (ราชบุรี)	11.82 ± 1.85	0.00	0.00	15.42 ± 2.76	0.00	27.24 ± 4.61
	ตลาดสมุทรสงคราม	8.57 ± 0.04	0.00	0.00	15.10 ± 0.50	0.00	23.67 ± 0.55
	ตลาดราชวัตร	8.34 ± 0.04	0.00	0.00	10.15 ± 0.04	0.00	18.50 ± 0.04
	ตลาดชลบุรี	15.19 ± 0.48	99.72 ± 2.96	0.00	0.00	0.00	114.91 ± 2.48
เขียวมรกต							
	ตลาดมหานคร	8.28 ± 0.33	0.00	0.00	16.12 ± 1.88	0.00	24.39 ± 2.21
	ตลาดมหานคร	7.93 ± 0.12	0.00	0.00	16.22 ± 1.28	0.00	24.15 ± 1.41
	ตลาดราชวัตร	8.20 ± 0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	8.20 ± 0.37
	ตลาดศรีย่าน	8.11 ± 0.22	0.00	0.00	17.27 ± 4.16	0.00	25.37 ± 4.38
พราหมณ์จายเมีย	สมุทรสงคราม	14.03 ± 0.49	10.34 ± 0.11	0.00	19.47 ± 4.55	0.00	43.84 ± 4.93

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ในมะละกอ ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β -cryptoxanthin	β -carotene	Lycopene	Total carotenoids
แขกดำ	ตลาดราชวัตร	13.83 $\pm$ 0.21	33.14 $\pm$ 1.13	0.00	380.64 $\pm$ 37.4	380.64 $\pm$ 37.4	808.26 $\pm$ 75.5
	ตลาดนนทบุรี	9.66 $\pm$ 0.21	12.87 $\pm$ 1.02	39.15 $\pm$ 3.19	332.00 $\pm$ 8.22	1,422.91 $\pm$ 258	1,816.59 $\pm$ 266
	ห้างแมคโคร	0.00	14.81 $\pm$ 1.26	43.46 $\pm$ 5.07	1,110.37 $\pm$ 41.5	873.07 $\pm$ 149	2,041.71 $\pm$ 132
	ตลาด อดก.	0.00	12.80 $\pm$ 0.64	30.66 $\pm$ 4.60	55.22 $\pm$ 23.4	0.00	98.68 $\pm$ 28.6
	ตลาดราชวัตร	9.68 $\pm$ 0.10	16.46 $\pm$ 0.20	27.07 $\pm$ 0.63	46.28 $\pm$ 5.76	324.05 $\pm$ 8.39	423.54 $\pm$ 14.7
ฮอลแลนด์							
	ตลาดไท(เชียงใหม่)	0.00	0.00	54.79 $\pm$ 6.00	483.66 $\pm$ 66.0	0.00	538.45 $\pm$ 71.3
	ตลาดไท(กำแพงเพชร)	0.00	0.00	24.91 $\pm$ 4.56	174.44 $\pm$ 43.6	0.00	199.34 $\pm$ 48.2
	ตลาดไท(อุตรดิตถ์)	0.00	0.00	31.94 $\pm$ 1.29	409.12 $\pm$ 4.35	1098.53 $\pm$ 4.36	1,539.58 $\pm$ 1.29
	ตลาด อดก.	0.00	11.99 $\pm$ 0.30	37.66 $\pm$ 1.47	115.64 $\pm$ 3.53	2,707.12 $\pm$ 258	2,872.40 $\pm$ 263
	ร้านโครงการหลวง	4.35 $\pm$ 7.53	17.21 $\pm$ 8.26	18.97 $\pm$ 16.47	65.20 $\pm$ 4.58	2,374.52 $\pm$ 191	2,480.25 $\pm$ 196

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน มะขามเทศ ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β -cryptoxanthin	β -carotene	Lycopene	Total carotenoids
พื้นบ้าน	ตลาดไท	8.27 $\pm$ 0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	8.27 $\pm$ 0.44
	ตลาดสมุทรสงคราม	8.90 $\pm$ 0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	8.90 $\pm$ 0.48

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน ไข่ไก่ (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
ระกา	ตลาดหนองมน ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	3.29 ± 4.46	0.00	3.29 ± 4.46

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน ส้มโอ (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
ขาน้ำผึ้ง	ตลาด อตก. (สามพราน)	15.07 ± 1.38	11.32 ± 0.56	0.00	0.00	0.00	26.39 ± 1.93
	ตลาดไท (พิจิตร)	8.76 ± 0.18	9.91 ± 0.21	0.00	0.00	0.00	18.67 ± 0.38
	จังหวัดกาญจนบุรี	13.93 ± 3.44	10.45 ± 0.54	0.00	7.74 ± 4.08	0.00	32.12 ± 7.98
	ตลาดสี่มุมเมือง	14.92 ± 3.56	9.87 ± 0.40	0.00	0.00	0.00	24.79 ± 3.96
ทองดี							
	ตลาด อตก. (สามพราน)	17.13 ± 0.14	12.68 ± 0.29	0.40 ± 0.70	18.53 ± 1.18	0.40 ± 0.70	49.14 ± 0.15
	ตลาดนนทบุรี	9.23 ± 0.63	5.94 ± 5.15	0.00	4.37 ± 4.63	0.00	19.55 ± 8.91
	ตลาดไท (พิจิตร)	9.96 ± 1.58	9.67 ± 0.41	0.00	0.00	0.00	19.63 ± 1.95
ขาวใหญ่	ตลาดสี่มุมเมือง	8.36 ± 0.22	9.70 ± 0.21	0.00	0.00	0.00	18.06 ± 0.01
	อัมพวา (สมุทรสงคราม)	14.69 ± 0.77	11.00 ± 0.01	0.00	0.00	0.00	25.69 ± 0.79
	ตลาด อตก. (สมุทรสงคราม)	12.42 ± 0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	12.42 ± 0.01
	ห้างแม็คโคร	11.08 ± 0.62	9.77 ± 0.22	0.00	0.00	0.00	20.85 ± 0.84

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ในเสาวรส (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
สีม่วง	โครงการหลวง (เชียงใหม่)	15.45 ± 8.03	11.30 ± 4.81	7.56 ± 0.59	61.18 ± 15.7	3,787.36 ± 203	3,882.85 ± 201
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต (เชียงใหม่)	0.00	0.00	0.00	402.53 ± 22.8	2,867.23 ± 267	3,269.76 ± 282
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	10.53 ± 0.40	15.24 ± 1.60	2.58 ± 0.08	25.80 ± 4.91	2,710.22 ± 716	2,764.35 ± 723
	ร้านผลไม้ มก. (เขาค้อ)	9.67 ± 0.42	11.44 ± 0.54	9.79 ± 2.75	24.95 ± 6.40	6,918.77 ± 1128	6,974.62 ± 1138
สีเหลือง	ไร่อุดมสุข เพชรบูรณ์	7.93 ± 0.31	9.16 ± 0.14	0.00	266.24 ± 88.9	0.00	283.32 ± 89.2

กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่าง ร้อยละ 10 ถึง 20

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ในกล้วย (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
กล้วยน้ำว้า	ตลาดราชวัตร	29.35 ± 1.63	0.00	0.00	68.84 ± 7.52	0.00	98.19 ± 9.03
	ตลาดนนทบุรี	27.67 ± 4.61	0.00	0.00	78.69 ± 14.28	0.00	106.36 ± 9.67
	ตลาดไท	31.02 ± 1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	31.02 ± 1.11
	ตลาดสี่มุมเมือง	16.10 ± 0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	16.10 ± 0.09
	อัมพวา จ.สมุทรสงคราม	47.89 ± 2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	47.89 ± 2.26
กล้วยหอม	ตลาดสมุทรสงคราม	22.22 ± 1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	22.22 ± 1.25
	ตลาดสี่มุมเมือง	16.17 ± 0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	16.17 ± 0.52
	ตลาดยิงเจริญ	16.43 ± 3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	16.43 ± 3.03
	ตลาดชลบุรี	12.52 ± 2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	12.52 ± 2.52
	ตลาดราชวัตร	10.43 ± 0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	10.43 ± 0.97
กล้วยไข่	ตลาดนนทบุรี	17.59 ± 1.50	0.00	0.00	17.87 ± 3.14	17.87 ± 3.14	53.33 ± 6.41
	ตลาดไท	50.13 ± 8.14	0.00	0.00	0.00	0.00	50.13 ± 8.14
	ตลาดสี่มุมเมือง	22.69 ± 3.74	0.00	0.00	0.00	0.00	22.69 ± 3.74
	ตลาด อดก.	12.59 ± 0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	12.59 ± 0.40
	ตลาดสมุทรสงคราม	11.42 ± 0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	11.42 ± 0.44
กล้วยเล็บมือนาง	ตลาดสี่มุมเมือง	12.00 ± 0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00 ± 0.55
	ตลาดยิงเจริญ	8.02 ± 0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	8.02 ± 0.23
	ตลาดชลบุรี	8.15 ± 0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	8.15 ± 0.08
	ตลาด อดก.	13.12 ± 0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	13.12 ± 0.96
	ตลาดยิงเจริญ	18.12 ± 0.75	0.00	0.00	24.95 ± 5.63	0.00	43.08 ± 6.38
กล้วยหักมุก	ตลาดสี่มุมเมือง	13.03 ± 3.19	0.00	0.00	15.55 ± 1.44	0.00	28.58 ± 1.74
	ตลาดศรีย่าน	11.63 ± 1.47	0.00	0.00	16.38 ± 4.44	0.00	28.00 ± 5.91

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน มะม่วง, สุก (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
น้ำดอกไม้	ตลาดราชวัตร (ลพบุรี)	0.00	0.00	0.00	1,157.53 ± 58.19	0.00	1157.53 ± 58.2
	ตลาดไท (แปดริ้ว)	0.00	0.00	18.17 ± 3.19	1,370.91 ± 169	0.00	1389.08 ± 172
	ตลาดสมุทรสงคราม	0.00	0.00	0.00	20.37 ± 6.68	0.00	20.37 ± 6.68
	ตลาดหลนบุรี (ชลบุรี)	0.00	0.00	0.00	111.35 ± 21.02	0.00	111.35 ± 21.0
อกร่อง	ตลาด อตก.	0.00	0.00	0.00	9.24 ± 1.55	0.00	9.24 ± 1.55
	ตลาดสมุทรสงคราม	0.00	0.00	0.00	51.95 ± 13.6	0.00	51.95 ± 13.6
	ตลาดหลนบุรี	0.00	0.00	0.00	19.27 ± 2.64	0.00	19.27 ± 2.64
มหาชนก	ตลาดสี่มุมเมือง	0.00	0.00	0.00	42.37 ± 7.53	0.00	42.37 ± 7.53
	ตลาดสี่มุมเมือง	0.00	0.00	0.00	24.61 ± 1.84	0.00	24.61 ± 1.84
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	0.00	0.00	0.00	74.86 ± 8.40	0.00	74.86 ± 8.40
เขียวใหญ่	ตลาดหลนบุรี	0.00	17.20 ± 0.17	0.00	809.10 ± 202	0.00	826.30 ± 202

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน มะปราง และมะยงชิด (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
มะปราง	นครนายก	23.76 ± 0.17	57.80 ± 11.24	0.00	290.97 ± 64.6	0.00	372.53 ± 75.6
	สมุทรสงคราม	0.00	12.76 ± 0.37	0.00	0.00	0.00	12.76 ± 0.37
	ตลาดราชวัตร	0.00	11.32 ± 0.65	0.00	7.77 ± 0.14	0.00	19.09 ± 0.79
มะยงชิด	นครนายก	7.75 ± 0.36	12.79 ± 1.69	0.00	17.04 ± 4.16	0.00	32.59 ± 13.3
	เพชรบูรณ์	0.00	16.41 ± 0.16	0.00	7.01 ± 0.00	0.00	23.42 ± 0.15
	ตลาดราชวัตร	0.00	41.12 ± 1.13	0.00	197.99 ± 7.04	0.00	239.12 ± 8.17
	ตลาด อตก. (ฟาง)	8.66 ± 1.09	13.23 ± 0.47	0.00	0.00	0.00	21.89 ± 1.56

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน มะเฟือง (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
มาเลย์ ชนิดหวาน	ตลาดราชวัตร	12.39 ± 0.75	10.74 ± 0.45	8.93 ± 0.78	57.94 ± 9.71	0.00	90.00 ± 11.4
	ตลาด อตก.	7.01 ± 0.00	8.52 ± 0.00	10.01 ± 0.99	49.87 ± 17.6	10.01 ± 0.99	85.40 ± 19.5
	ตลาดสมุทรสงคราม	0.00	0.00	11.09 ± 0.03	5.10 ± 1.41	0.00	16.19 ± 1.37
	ตลาดยิ่งเจริญ	0.00	0.00	0.00	7.71 ± 0.02	0.00	7.71 ± 0.02

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน ตะขุด ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β -cryptoxanthin	β -carotene	Lycopene	Total carotenoids
พื้นบ้าน	ตลาดราชวัตร	19.53 ± 1.82	0.00	0.00	13.76 ± 4.14	0.00	33.29 ± 5.86
	ห้างแมคโคร	13.17 ± 0.13	8.88 ± 0.01	0.00	11.31 ± 1.75	0.00	33.36 ± 0.90
สำลี	ตลาดราชวัตร	13.07 ± 1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	13.07 ± 1.01

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน สุลข ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β -cryptoxanthin	β -carotene	Lycopene	Total carotenoids
จินทบุรี	ตลาดไท	7.72 ± 0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	7.72 ± 0.07
สุมาลี	ตลาดสมุทรสงคราม	0.00	0.00	0.00	22.25 ± 3.54	0.00	22.25 ± 3.54
เนินวงศ์	ห้างแมคโคร	0.00	0.00	0.00	13.35 ± 1.11	0.00	13.35 ± 1.11
หม้อ	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	0.00	0.00	0.00	6.21 ± 1.58	0.00	6.21 ± 1.58

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน ส้มเขียวหวานและส้มเกลี้ยง (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
ส้มเขียวหวาน							
สำน้ำผึ้ง	ตลาดราชวัตร (เขียงใหม่)	0.00	11.60 ± 0.42	36.97 ± 0.81	119.75 ± 10.1	0.00	168.31 ± 8.84
	ตลาดนนทบุรี	9.31 ± 0.08	12.87 ± 0.05	6.90 ± 0.26	101.12 ± 0.59	0.00	129.87 ± 0.82
	ตลาดไท (เขียงราย)	0.00	17.10 ± 0.82	86.83 ± 5.95	333.37 ± 80.3	0.00	437.31 ± 87.1
	ตลาดราชวัตร (ฝาง)	0.00	11.84 ± 0.44	25.09 ± 1.11	51.67 ± 24.4	0.00	88.59 ± 25.9
	ตลาดสมุทรสงคราม	0.00	0.00	0.00	46.64 ± 10.5	0.00	46.64 ± 10.5
บางมด	ตลาดราชวัตร	12.07 ± 0.01	19.95 ± 0.24	13.60 ± 0.28	164.55 ± 4.24	0.00	210.17 ± 3.73
	ตลาดนนทบุรี	10.31 ± 0.17	15.46 ± 0.20	7.86 ± 0.25	105.53 ± 5.99	0.00	139.15 ± 6.40
	ตลาดเชิงเจริญ	9.05 ± 0.09	13.99 ± 0.21	15.43 ± 5.53	22.03 ± 2.55	0.00	60.51 ± 8.20
	ตลาดราชวัตร	0.00	16.21 ± 0.93	7.40 ± 1.03	18.55 ± 2.08	0.00	43.14 ± 2.65
ส้มเกลี้ยง							
	ตลาดสมุทรสงคราม	11.19 ± 0.22	12.26 ± 0.31	8.96 ± 0.22	0.00	0.00	32.40 ± 0.75
	ตลาด อตก.	9.95 ± 1.11	10.36 ± 1.30	8.00 ± 0.26	0.00	0.00	28.31 ± 2.66
	ตลาดเชิงเจริญ	8.86 ± 0.60	11.13 ± 0.72	0.00	0.00	0.00	19.99 ± 1.32
	ตลาดชลบุรี	10.25 ± 1.18	11.79 ± 1.02	0.00	0.00	0.00	22.04 ± 2.20

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน สับปะรด ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β -cryptoxanthin	β -carotene	Lycopene	Total carotenoids
ศรีราชา	ตลาดนนทบุรี	0.00	0.00	0.00	27.66 $\pm$ 9.30	0.00	27.66 $\pm$ 9.30
	ตลาดไท (ชลบุรี)	7.67 $\pm$ 0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	7.67 $\pm$ 0.21
	ตลาดชลบุรี	7.63 $\pm$ 0.05	9.39 $\pm$ 0.07	0.00	73.49 $\pm$ 9.99	0.00	90.51 $\pm$ 10.1
	ตลาดราชวัตร	7.56 $\pm$ 0.01	0.00	0.00	10.32 $\pm$ 0.35	0.00	17.88 $\pm$ 0.34
	ห้างแมคโคร	7.86 $\pm$ 0.10	9.12 $\pm$ 0.10	0.00	92.14 $\pm$ 14.9	0.00	109.12 $\pm$ 15.1
ภูเก็ต/ปัตตานี	ตลาดนนทบุรี (ราชบุรี)	8.96 $\pm$ 3.37	0.00	0.00	374.15 $\pm$ 43.4	0.00	383.11 $\pm$ 40.2
	ตลาดไท (ตลาด)	10.83 $\pm$ 0.65	10.14 $\pm$ 0.30	6.55 $\pm$ 0.90	67.80 $\pm$ 10.3	0.00	95.32 $\pm$ 12.2
	ห้างแมคโคร	0.00	0.00	0.00	228.80 $\pm$ 43.2	0.00	228.80 $\pm$ 43.2
	ตลาดสี่มุมเมือง	0.00	0.00	0.00	269.90 $\pm$ 45.8	0.00	269.90 $\pm$ 45.8
	ตลาดมหานาค	0.00	0.00	0.00	32.39 $\pm$ 2.38	0.00	32.39 $\pm$ 2.38
สวนผึ้ง	ตลาดสมุทรสงคราม	0.00	0.00	0.00	13.52 $\pm$ 0.25	0.00	13.52 $\pm$ 0.25
	ตลาด อตก.	8.44 $\pm$ 0.24	10.46 $\pm$ 0.45	0.00	15.20 $\pm$ 5.61	0.00	34.09 $\pm$ 6.30
	ตลาดสี่มุมเมือง	0.00	0.00	0.00	17.68 $\pm$ 1.35	0.00	17.68 $\pm$ 1.35
	ตลาดศรียาน	7.81 $\pm$ 0.02	8.94 $\pm$ 0.00	0.00	9.71 $\pm$ 0.17	0.00	26.46 $\pm$ 0.16
	ตลาด อตก. (อุตรดิตถ์)	8.20 $\pm$ 0.74	0.00	0.00	9.64 $\pm$ 0.16	0.00	17.83 $\pm$ 0.90
หัวมูน	ตลาดมหานาค	0.00	0.00	0.00	20.50 $\pm$ 2.37	0.00	20.50 $\pm$ 2.37
	ร้านผลไม้ มก.	0.00	0.00	0.00	17.98 $\pm$ 1.56	0.00	17.98 $\pm$ 1.56

กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาตมมากกว่า ร้อยละ 20

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน ขนุน ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β -cryptoxanthin	β -carotene	Lycopene	Total carotenoids
ทองประเสริฐ	ตลาดราชวัตร (ปรจีนบุรี)	15.79 $\pm$ 3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	15.79 $\pm$ 3.78
	ตลาดไท	10.83 $\pm$ 0.65	10.14 $\pm$ 0.30	6.54 $\pm$ 0.90	67.80 $\pm$ 10.3	0.00	95.32 $\pm$ 12.2
	ตลาดมหานาค	13.75 $\pm$ 3.18	0.00	0.00	26.10 $\pm$ 4.05	0.00	39.85 $\pm$ 7.22
	ตลาดชลบุรี	15.96 $\pm$ 0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	15.96 $\pm$ 0.35
สีทอง	ห้างแมคโคร	33.25 $\pm$ 3.37	0.00	0.00	170.15 $\pm$ 85.7	170.15 $\pm$ 85.7	373.55 $\pm$ 175
	ตลาดไท (ชลบุรี)	13.60 $\pm$ 0.73	0.00	0.00	45.32 $\pm$ 3.17	0.00	58.92 $\pm$ 2.44
	ตลาดมหานาค	20.16 $\pm$ 4.53	0.00	0.00	0.00	0.00	20.16 $\pm$ 4.53
	ตลาดชลบุรี	24.63 $\pm$ 0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	24.63 $\pm$ 0.59
เพชรราชา	ตลาดสมุทรสงคราม	17.04 $\pm$ 1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	17.04 $\pm$ 1.69
	ตลาดชลบุรี (ประจวบคีรีขันธ์)	18.30 $\pm$ 0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	18.30 $\pm$ 0.10

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ lutein, zeaxanthin และสารในกลุ่ม carotenoids อื่นๆ ใน มะขาม (μg/100g)

สายพันธุ์	แหล่งชื่อ/ปลูก	Lutein	Zeaxanthin	β-cryptoxanthin	β-carotene	Lycopene	Total carotenoids
สีทอง	ตลาดสมุทรสงคราม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ร้านผลไม้ มก.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
สีชมพู	ตลาดสมุทรสงคราม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ร้านผลไม้ มก.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

น้ำดอกไม้ อีกร่อง มหาชนก และเขียวใหญ่ รวมทั้งมะขามหวานทั้งสองสายพันธุ์ ขณะที่ zeaxanthin พบได้ในตัวอย่างผลไม้เพียงบางตัวอย่างไม่มากเท่ากับการตรวจพบ lutein เช่น มะม่วงมันขุนศรี มะละกอ แยกดำ มะม่วงเขียวเสวย มะปราง มะยงชิด ส้มบางมด ส้มเกลี้ยง ส้มโอ และเสาวรส เป็นต้น สำหรับการตรวจสอบ β -cryptoxanthin พบว่า ผลไม้ส่วนใหญ่ตรวจไม่พบ แต่พบได้ในผลไม้ เช่น มะเฟือง มะละกอ ส้มเขียวหวาน และเสาวรส เป็นต้น

สำหรับการตรวจสอบ β -carotene พบว่าผลไม้ที่ตรวจสอบเกือบทั้งหมดมี β -carotene เป็นองค์ประกอบโดยเฉพาะผลไม้ที่มีสีเหลืองและสีส้ม เช่น มะละกอ มะม่วง ส้มเขียวหวาน มะเฟือง สับปะรด แดงโม แดงไทย สละ ระกำ ขนุน ยกเว้น มะขาม และมะขามเทศที่ตรวจไม่พบเลย ขณะที่สายพันธุ์กล้วยที่พบ β -carotene ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหักมุก และกล้วยไข่

สำหรับการตรวจสอบ lycopene ในผลไม้ทั้งหมด พบว่า เสาวรส และ มะละกอ มีปริมาณ lycopene สูงมาก และ เสาวรสสีม่วง มีปริมาณ lycopene สูงสุด ระหว่าง $2,710.22 \pm 716$ ถึง $6,918.77 \pm 1128$ $\mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะละกอฮอลแลนด์ มีปริมาณระหว่าง $1,098.53 \pm 4.36$ ถึง $2,707.12 \pm 258$ $\mu\text{g}/100\text{g}$ และมะละกอสายพันธุ์แยกดำ มีปริมาณระหว่าง 324.05 ± 8.39 ถึง $1,422.91 \pm 298$ $\mu\text{g}/100\text{g}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบ lycopene ได้บ้างในตัวอย่างผลไม้ชนิดอื่น เช่น ขนุน กล้วยไข่ และมะเฟือง เป็นต้น แต่มีปริมาณไม่มากนัก

ทั้งนี้ปริมาณสารประกอบทั้ง 5 ที่ตรวจพบในผลไม้แต่ละชนิดที่เก็บจากแหล่งจำหน่าย/ปลูกที่แตกต่างกัน จะมีค่าที่แตกต่างกัน หรือแหล่งจำหน่าย/ปลูก มีผลกระทบต่อปริมาณ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากหลายประการ ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก วิธีการเพาะปลูก ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว สภาพการขนส่งและการเก็บรักษา เป็นต้น เมื่อนำปริมาณทั้งหมดที่ตรวจสอบมารวมกันได้เป็น total carotenoids พบว่าผลไม้ทุกตัวอย่าง สามารถตรวจสอบสารประกอบ carotenoids ได้ ยกเว้นตัวอย่างมะขาม ซึ่งยืนยันได้ว่า ผลไม้ไทยเป็นแหล่งสารประกอบ carotenoids ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ในเชิงสารพฤกษเคมีที่สามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพหรือการเกิดโรค Age-related macular degeneration (AMD) ได้ในผู้สูงอายุ รวมทั้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของเซลล์ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง

3. ผลการตรวจสอบ lutein และ zeaxanthin ในผลไม้ไทย

เมื่อประเมินผลการตรวจสอบ lutein และ zeaxanthin ในผลไม้ทุกชนิดโดยรวม (ตารางที่ 22) พบว่าผลไม้ที่ตรวจสอบ จำนวน 170 ตัวอย่าง ตรวจพบ lutein จำนวน 122 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 71.76 และ ตรวจพบ zeaxanthin จำนวน 65 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 38.24 และเมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบปริมาณต่ำสุด-สูงสุด และค่าเฉลี่ยของ lutein และ zeaxanthin จากผลไม้ที่เก็บจากแหล่งจำหน่าย/ปลูกที่แตกต่างกัน และจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ตามปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ ดังแสดงผลที่ได้ ต่อไปนี้

ตารางที่ 22 ปริมาณค่าสูงสุด-สูงสุด และค่าเฉลี่ย Lutein และ zeaxanthin ที่ตรวจพบในผลไม้ไทย

สายพันธุ์	จำนวน ตัวอย่างที่วิเคราะห์	Lutein		Zeaxanthin			
		จำนวน ตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)	จำนวน ตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)
กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่า ร้อยละ 10							
ชมพู							
ทับทิมจันทร์	4	4 (100)	9.01 ± 0.54 - 14.73 ± 2.90	11.68 ± 2.39	3 (75)	0.00 - 11.33 ± 0.58	7.65 ± 5.12
เพชร	4	4 (100)	17.65 ± 2.34 - 28.59 ± 4.56	20.65 ± 5.30	1 (25)	0.00 - 9.05 ± 0.09	2.26 ± 4.53
แดงโม							
ดอร์ปีโด	4	4 (100)	12.09 ± 1.10 - 30.65 ± 0.03	19.44 ± 8.64	0 (0)	0.00	0.00
กินรี	4	4 (100)	10.26 ± 0.05 - 22.05 ± 0.30	14.46 ± 5.20	0 (0)	0.00	0.00
แดงไทย	6	6 (100)	50.95 ± 0.28 -117.73 ± 4.27	66.17 ± 26.4	3 (50)	0.00 - 20.99 ± 0.07	8.94 ± 9.99
ฝรั่ง							
สาลี/เป็นสีทอง	4	4 (100)	10.67 ± 0.09 - 17.34 ± 0.89	12.31 ± 4.05	1 (25)	0.00 - 8.52 ± 0.00	2.13 ± 4.26
กินจู	4	4 (100)	10.67 ± 0.09 - 17.40 ± 6.53	14.45 ± 3.44	0 (0)	0.00	0.00
มะม่วง, ห่าม							
เขียวเสวย	5	4 (80)	0.00 - 16.77 ± 0.77	10.02 ± 6.65	5 (100)	9.35 ± 0.05 - 24.24 ± 3.53	13.99 ± 5.98
มันขุนศรี	4	4 (100)	8.57 ± 0.04 - 15.19 ± 0.48	10.98 ± 3.23	1 (25)	0.00 - 99.72 ± 2.96	24.93 ± 49.86
เขียวมรกต	4	4 (100)	7.93 ± 0.12 - 8.28 ± 0.33	8.13 ± 0.15	0 (0)	0.00	0.00
พราหมณ์ชายเมืย	1	1 (100)	14.03 ± 0.49	14.03 ± 0.49	1 (100)	10.34 ± 0.11	10.34 ± 0.11

สายพันธุ์	จำนวน ตัวอย่างที่วิเคราะห์	Lutein			Zeaxanthin		
		จำนวน ตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)	จำนวน ตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)
มะละกอ							
แบกดำ	5	3 (60)	0.00 - 13.83 ± 0.21	6.63 ± 6.29	5 (100)	12.80 ± 0.64 - 33.14 ± 1.13	18.02 ± 8.59
ฮอลแลนด์	5	1 (20)	0.00 - 4.35 ± 7.53	0.87 ± 1.95	2 (40)	0.00 - 17.21 ± 8.26	5.84 ± 8.21
มะขามเทศ	2	2 (100)	8.27 ± 0.44 - 8.90 ± 0.48	8.58 ± 0.45	0 (0)	0.00	0.00
ระกำ	1	0 (0)	0.00	0.00	0 (0)	0.00	0.00
ส้มโอ							
ขาวน้ำผึ้ง	4	4 (100)	8.76 ± 0.18 - 15.07 ± 1.38	13.17 ± 2.98	4 (100)	9.87 ± 0.40 - 11.32 ± 0.56	10.39 ± 10.15
ทองดี	4	4 (100)	8.36 ± 0.22 - 17.13 ± 0.14	11.17 ± 4.03	4 (100)	5.94 ± 5.15 - 12.68 ± 0.29	9.50 ± 2.76
ขาวใหญ่	3	3 (100)	11.08 ± 0.62 - 14.69 ± 0.77	12.73 ± 1.83	2 (66.66)	0.00 - 11.00 ± 0.01	6.92 ± 6.03
เสาวรส							
สีม่วง	4	3 (75)	0.00 - 15.45 ± 8.03	8.91 ± 6.46	3 (75)	0.00 - 15.24 ± 1.60	9.50 ± 6.59
สีเหลือง	1	1 (100)	7.93 ± 0.31	7.93 ± 0.31	1 (100)	9.16 ± 0.14	9.16 ± 0.14
กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่าง ร้อยละ 10 ถึง 20							
กล้วย							
น้ำว้า	4	4 (100)	16.10 ± 0.09 - 31.02 ± 1.11	26.04 ± 6.76	0 (0)	0.00	0.00
หอม	5	5 (100)	12.52 ± 2.52 - 47.89 ± 2.26	23.05 ± 14.3	0 (0)	0.00	0.00
ไข่	5	5 (100)	12.59 ± 0.40 - 50.13 ± 8.14	22.69 ± 16.1	0 (0)	0.00	0.00
เล็บมือนาง	4	4 (100)	8.02 ± 0.23 - 12.00 ± 0.55	9.90 ± 2.11	0 (0)	0.00	0.00
หักมุก	4	4 (100)	11.63 ± 1.47 - 18.12 ± 0.75	13.98 ± 2.85	0 (0)	0.00	0.00

สายพันธุ์	จำนวน ตัวอย่างที่ วิเคราะห์	Lutein			Zeaxanthin		
		จำนวน ตัวอย่างที่ ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)	จำนวน ตัวอย่างที่ ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)
มะม่วง, สุก							
น้ำดอกไม้	4	0 (0)	0.00	0.00	0 (0)	0.00	0.00
ออกรอง	3	0 (0)	0.00	0.00	0 (0)	0.00	0.00
มหาชนก	3	0 (0)	0.00	0.00	0 (0)	0.00	0.00
เขียวใหญ่	1	0 (0)	0.00	0.00	1 (100)	17.20 ± 0.17	17.20 ± 0.17
มะปราง	3	1 (33.33)	0.00 - 23.76 ± 0.17	7.92 ± 13.7	3 (100)	11.32 ± 0.65 - 57.80 ± 11.24	27.29 ± 26.43
มะยงชิด	4	2 (50)	0.00 - 8.66 ± 1.09	4.10 ± 4.75	4 (100)	12.79 ± 1.69 - 41.12 ± 1.13	20.89 ± 13.59
มะเฟือง	4	2 (50)	0.00 - 12.39 ± 0.75	4.85 ± 6.02	2 (50)	0.00 - 10.74 ± 0.45	4.82 ± 5.63
ละมุด							
พันธุ์บ้าน	2	2 (100)	13.17 ± 0.13 - 19.53 ± 1.82	16.35 ± 4.50	1 (50)	0.00 - 8.88 ± 0.01	4.44 ± 6.28
สาลี	1	1 (100)	13.07 ± 1.01	13.07 ± 1.01	0 (0)	0.00	0.00
สละ	4	1 (25)	0.00 - 7.72 ± 0.07	1.93 ± 3.86	0 (0)	0.00	0.00
ส้มเขียวหวาน							
สายน้ำผึ้ง	5	1 (20)	0.00 - 9.31 ± 0.08	1.86 ± 4.16	4 (80)	11.60 ± 0.42 - 17.10 ± 0.82	10.68 ± 6.37
บางมด	4	3 (75)	0.00 - 12.07 ± 0.01	7.86 ± 5.38	4 (100)	13.99 ± 0.21 - 19.95 ± 0.24	16.40 ± 2.54
ส้มเกลี้ยง	4	4 (100)	8.86 ± 0.60 - 11.19 ± 0.22	10.06 ± 0.96	4 (100)	10.36 ± 1.30 - 12.26 ± 0.31	11.39 ± 0.83

สายพันธุ์	จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์	Lutein			Zeaxanthin		
		จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)
สับปะรด							
ศรีราชา	5	4 (80)	0.00 - 7.86 ± 0.10	6.14 ± 3.44	2 (40)	0.00 - 9.39 ± 0.07	3.70 ± 5.07
ภูเก็ต/ปัตตานี	5	2 (40)	0.00 - 10.83 ± 0.65	3.96 ± 5.46	1 (20)	0.00 - 10.14 ± 0.30	2.03 ± 4.53
สวนผึ้ง	4	2 (50)	0.00 - 8.44 ± 0.24	4.06 ± 4.70	2 (50)	0.00 - 10.46 ± 0.45	4.85 ± 5.64
หัวหิน	3	1 (33.33)	0.00 - 8.20 ± 0.74	2.73 ± 4.73	0 (0)	0.00	0.00
กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20							
ขนุน							
ทองประเสริฐ	4	4 (100)	10.83 ± 0.65 - 15.96 ± 0.35	14.08 ± 2.39	1 (25)	0.00 - 10.14 ± 0.30	2.54 ± 5.07
สีทอง	4	4 (100)	13.60 ± 0.73 - 33.25 ± 3.37	22.91 ± 8.25	0 (0)	0.00	0.00
เพชรราชา	2	2 (100)	17.04 ± 1.69 - 18.30 ± 0.10	17.67 ± 0.89	0 (0)	0.00	0.00
มะขาม							
สีทอง	3	0 (0)	0.00	0.00	0 (0)	0.00	0.00
สีชมพู	3	0 (0)	0.00	0.00	0 (0)	0.00	0.00
ผลรวม	170	122 (71.76)			65 (38.24)		

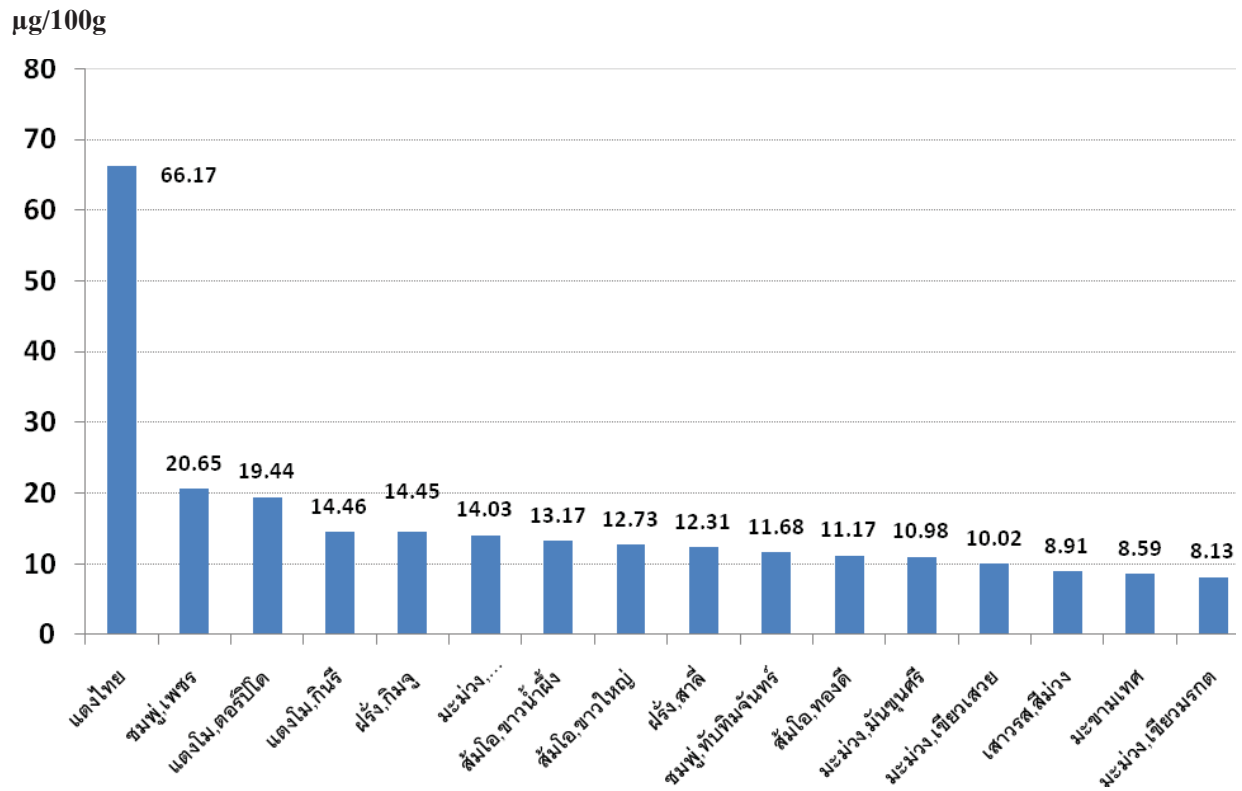
ในกลุ่มน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 (ภาพที่ 3) พบว่า แดงไทยมีค่าเฉลี่ยปริมาณ lutein สูงสุด คือ $66.17 \pm 26.4 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $50.95 \pm 0.28 - 117.73 \pm 4.27 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยตัวอย่างที่เก็บจากตลาดไทพบปริมาณ lutein มากถึง $117.73 \pm 4.27 \mu\text{g}/100\text{g}$ เมื่อพิจารณาแหล่งจำหน่าย/ปลูกที่แตกต่างกันพบว่าตรวจพบ lutein ได้ทุกตัวอย่างหรือจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาเป็น ชมพูเพชร มีค่าเฉลี่ย $20.65 \pm 5.30 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $17.65 \pm 2.34 - 28.59 \pm 4.56 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, แดงโมตอร์บีโด มีค่าเฉลี่ย $19.44 \pm 8.64 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $12.09 \pm 1.10 - 30.65 \pm 0.03 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, แดงโมกีนรี มีค่าเฉลี่ย $14.46 \pm 5.20 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $10.26 \pm 0.05 - 22.05 \pm 0.30 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, ฝรั่งเศสมีจู มีค่าเฉลี่ย $14.45 \pm 3.44 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $10.67 \pm 0.09 - 17.40 \pm 6.53 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 และมะม่วงพราหมณ์ชายเมีย มีค่าเฉลี่ย $14.03 \pm 0.49 \mu\text{g}/100\text{g}$ ตามลำดับ สำหรับการตรวจสอบ zeaxanthin (ภาพที่ 4) พบว่า มะม่วงมันขุนศรี มีค่าเฉลี่ย zeaxanthin สูงสุด คือ $24.93 \pm 49.86 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีค่าระหว่าง $0.00 - 99.72 \pm 2.96 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบเพียงร้อยละ 25 รองลงมาเป็น มะละกอแขกดำ มีค่าเฉลี่ย $18.02 \pm 8.59 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีค่าระหว่าง $12.80 \pm 0.64 - 33.14 \pm 1.13 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 มะม่วงเขียวเสวย มีค่าเฉลี่ย $13.99 \pm 5.98 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $9.35 \pm 0.05 - 24.24 \pm 3.53$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, ส้มโขวานน้ำผึ้งมีค่าเฉลี่ย $10.39 \pm 10.15 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $9.87 \pm 0.40 - 11.32 \pm 0.56 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 และมะม่วงพราหมณ์ชายเมีย มีค่าเฉลี่ย $10.34 \pm 0.11 \mu\text{g}/100\text{g}$ ซึ่งตรวจสอบเพียงตัวอย่างเดียว ตามลำดับ

สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 (ภาพที่ 5) พบว่า กล้วยน้ำว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณ lutein สูงสุด คือ $26.04 \pm 6.76 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $16.10 \pm 0.09 - 31.02 \pm 1.11 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาเป็น กล้วยหอม มีค่าเฉลี่ย $23.05 \pm 14.3 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $12.52 \pm 2.52 - 47.89 \pm 2.26 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, กล้วยไข่ มีค่าเฉลี่ย $22.69 \pm 16.1 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $12.59 \pm 0.40 - 50.13 \pm 8.14 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 และละมุดพื้นบ้าน มีค่าเฉลี่ย $16.35 \pm 4.50 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $13.17 \pm 0.13 - 19.53 \pm 1.82 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 ตามลำดับ ทั้งนี้ในกลุ่มมะม่วงสุก 4 สายพันธุ์ที่ตรวจสอบ เช่น น้ำดอกไม้ อกร่องมหาชนก และเขียวใหญ่ ตรวจไม่พบ lutein เลย สำหรับการตรวจสอบ zeaxanthin (ภาพที่ 6) พบว่า มะปราง มีค่าเฉลี่ย zeaxanthin สูงสุด คือ $27.29 \pm 26.43 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $11.32 \pm 0.65 - 57.80 \pm 11.24 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาเป็น มะยงชิด มีค่าเฉลี่ย $20.89 \pm 13.59 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $12.79 \pm 1.69 - 41.12 \pm 1.13 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวน

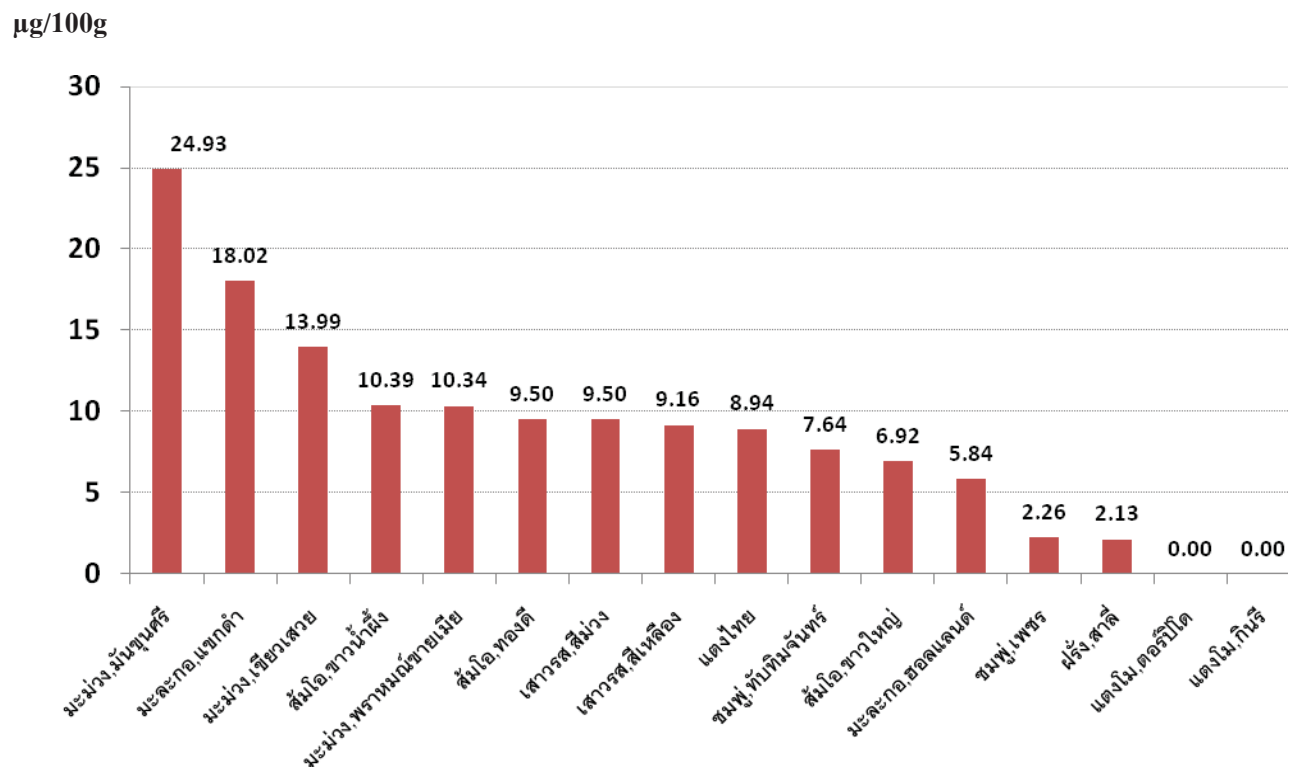
ตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 มะม่วงเขียวใหญ่ มีค่าเฉลี่ย $17.20 \pm 0.17 \mu\text{g}/100\text{g}$ ซึ่งตรวจสอบเพียงตัวอย่างเดียว และส้มบางมด มีค่าเฉลี่ย $16.40 \pm 2.54 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $13.99 \pm 0.21 - 19.95 \pm 0.24 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 ตามลำดับ

สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 (ภาพที่ 7 และ 8) พบว่า ตัวอย่างขนุนทั้งสามสายพันธุ์ที่เก็บจากแหล่งจำหน่ายทุกแห่ง รวมทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ตรวจพบ lutein ได้ทุกตัวอย่าง ขนุนสีทอง มีค่าเฉลี่ยปริมาณ lutein สูงสุด คือ $22.91 \pm 8.25 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $13.60 \pm 0.73 - 33.25 \pm 3.37 \mu\text{g}/100\text{g}$ ลำดับรองลงมาเป็น ขนุนเพชรราชา มีค่าเฉลี่ย $17.67 \pm 0.89 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $17.04 \pm 1.69 - 18.30 \pm 0.10 \mu\text{g}/100\text{g}$ และขนุนทองประเสริฐ มีค่าเฉลี่ย $14.08 \pm 2.39 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $10.83 \pm 0.65 - 15.96 \pm 0.35 \mu\text{g}/100\text{g}$ ตามลำดับ ส่วนมะขามทั้งสองสายพันธุ์ตรวจไม่พบ lutein เลย สำหรับการตรวจสอบ zeaxanthin พบว่า ขนุนทองประเสริฐเพียงตัวอย่างเดียวที่ตรวจพบ zeaxanthin มีค่าเฉลี่ยเพียง $2.54 \pm 5.07 \mu\text{g}/100\text{g}$ ส่วนมะขามทั้งสองสายพันธุ์ตรวจไม่พบ zeaxanthin เลย

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณ lutein รวมกับ zeaxanthin ในแต่ละสายพันธุ์ต่างๆของผลไม้แต่ละชนิด พบว่าสารประกอบทั้งสองมีปริมาณแตกต่างกัน ในตัวอย่างชมพู พบว่า ชมพูเพชร ($22.91 \mu\text{g}/100\text{g}$) มี lutein รวมกับ zeaxanthin มากกว่าชมพูทับทิมจันทร์, แดงโมเตอร์บีโด มี lutein มากกว่าแดงโมกีนีและทั้งสองสายพันธุ์พบ lutein อย่างเดียว, ฝรั่งสาดีและกิมจูมีปริมาณ lutein รวมกับ zeaxanthin ใกล้เคียงกัน สำหรับมะม่วง 8 สายพันธุ์ พบว่ามะม่วงมันขุนศรี มีปริมาณ lutein รวมกับ zeaxanthin ($35.91 \mu\text{g}/100\text{g}$) มากกว่ามะม่วงสายพันธุ์อื่นๆ ขณะที่มะละกอแขกดำ มีปริมาณ lutein รวมกับ zeaxanthin ($24.65 \mu\text{g}/100\text{g}$) มากกว่ามะละกอฮอลแลนด์, ส้มโอขาวน้ำผึ้งมีปริมาณ lutein รวมกับ zeaxanthin ($23.56 \mu\text{g}/100\text{g}$) มากกว่าส้มโอทองดีและขาวใหญ่, เสาวรสสีม่วงและสีเหลืองมีปริมาณ lutein รวมกับ zeaxanthin ใกล้เคียงกัน สำหรับกล้วยสายพันธุ์ต่างๆ ที่ศึกษาพบ lutein เพียงอย่างเดียวและพบได้มากที่สุด ในกล้วยน้ำว้า ($26.04 \mu\text{g}/100\text{g}$) มะปรางมีผลรวมของสารประกอบทั้งสองสูงกว่ามะยงชิด และทั้งสองสายพันธุ์พบ zeaxanthin มากกว่า lutein ละมุดพื้นบ้านพบมากกว่าละมุดสาดี นอกจากนี้ ส้มบางมด สับประรด ศรีราชา ขนุนสีทอง พบ lutein รวมกับ zeaxanthin มากกว่าสายพันธุ์อื่นๆเช่นเดียวกัน จะเห็นได้ว่าผลไม้สายพันธุ์พื้นบ้าน/ดั้งเดิมส่วนใหญ่จะมีผลรวมของ lutein รวมกับ zeaxanthin มากกว่าสายพันธุ์ที่เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์หรือสายพันธุ์ใหม่ๆ

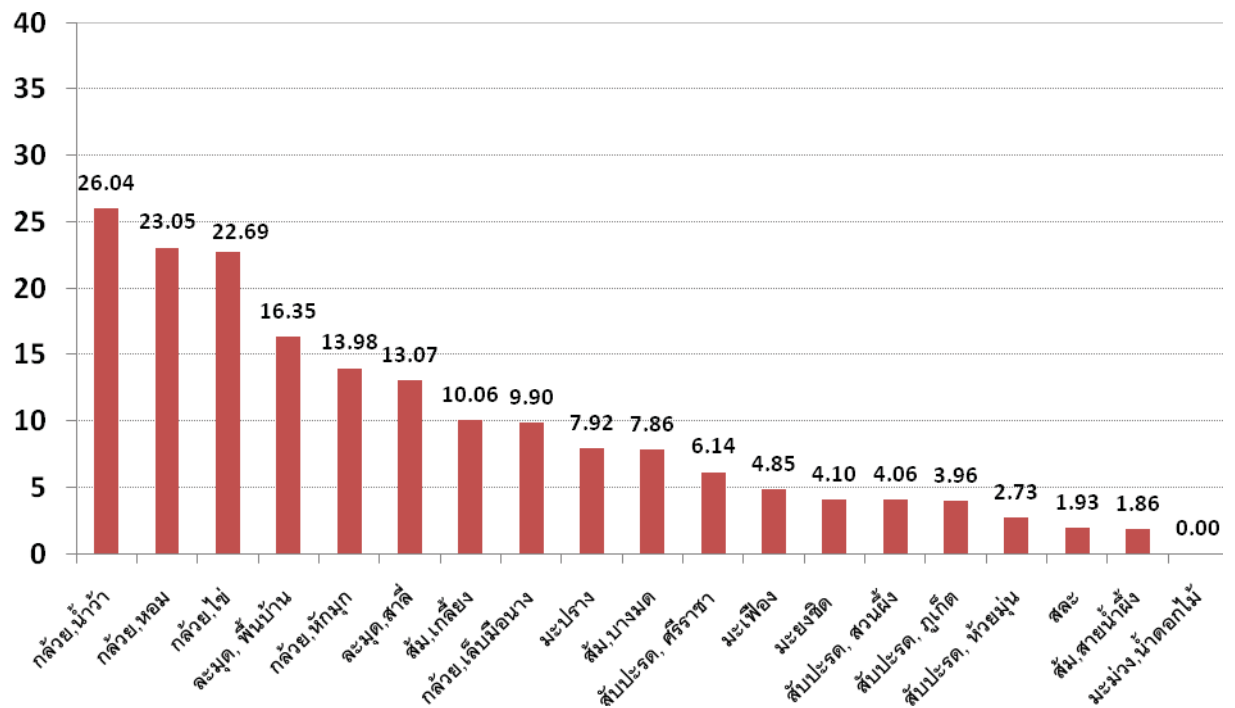


ภาพที่ 3 ปริมาณ lutein ในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด



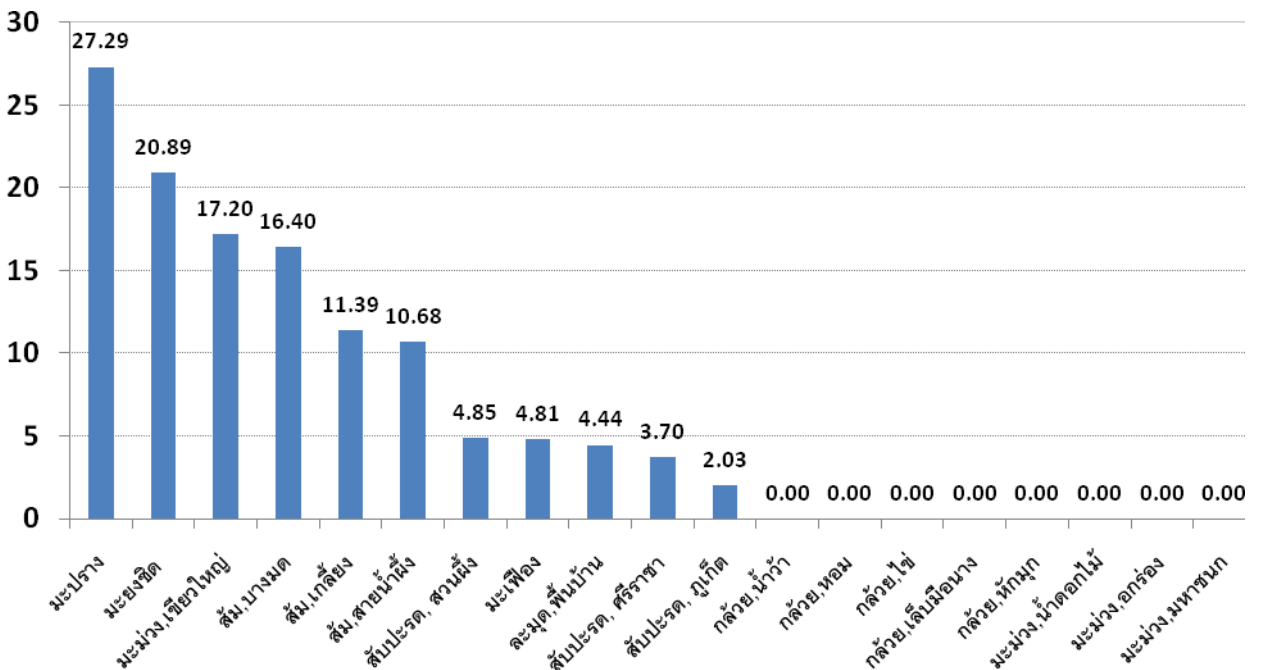
ภาพที่ 4 ปริมาณ zeaxanthin ในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด

µg/100g

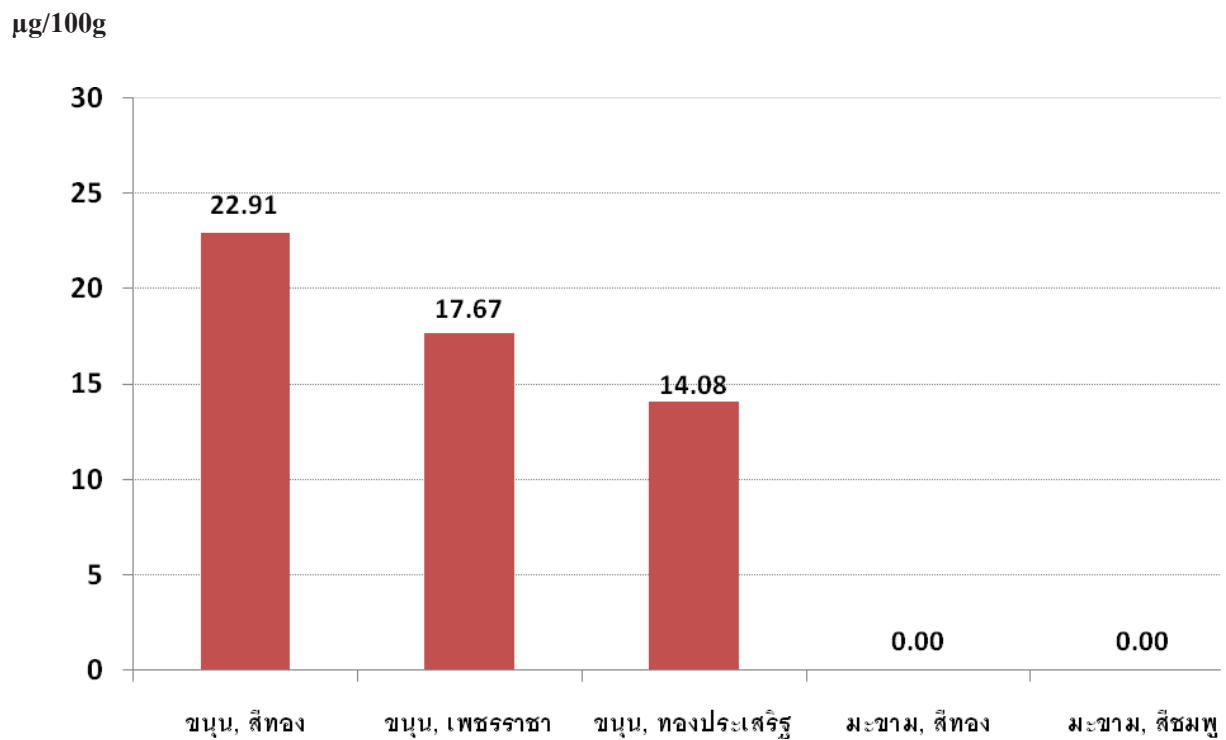


ภาพที่ 5 ปริมาณ lutein ในผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10-20 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด

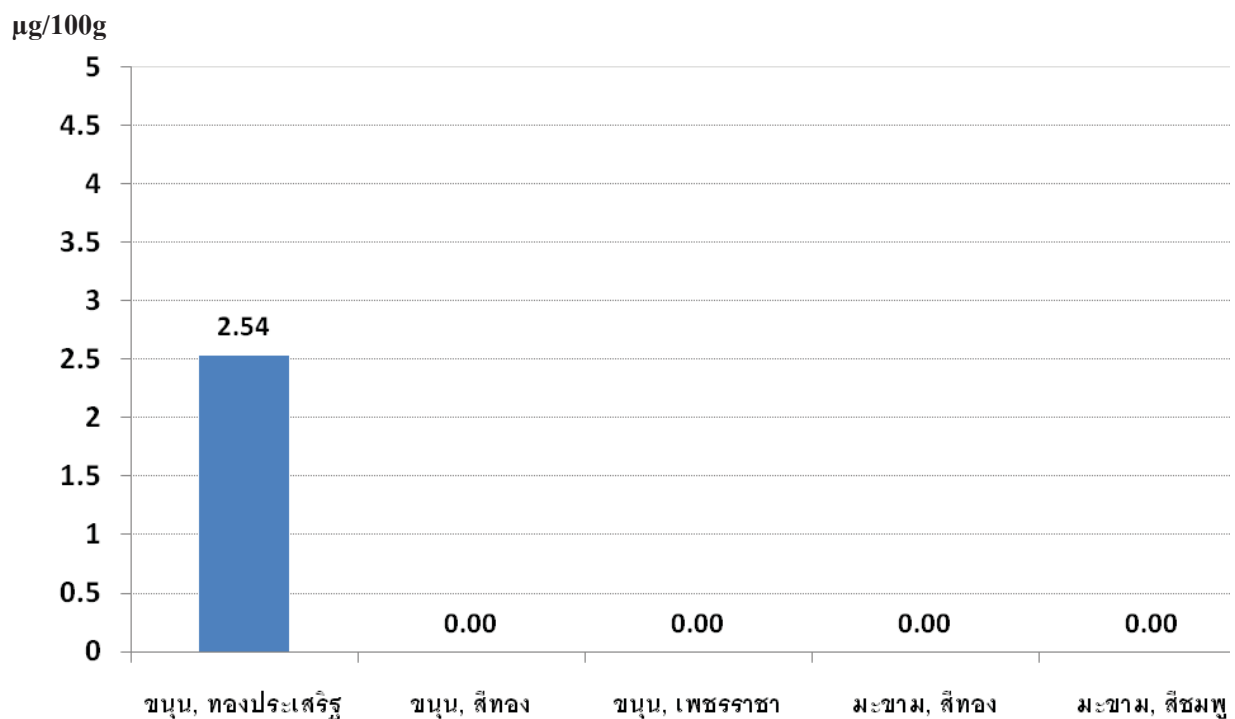
µg/100g



ภาพที่ 6 ปริมาณ zeaxanthin ในผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10-20 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด



ภาพที่ 7 ปริมาณ lutein ในผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด



ภาพที่ 8 ปริมาณ zeaxanthin ในผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด

4. ผลการตรวจสอบ β -carotene และ total carotenoids ในผลไม้ไทย

เมื่อประเมินผลการตรวจสอบ β -carotene และ total carotenoids ในผลไม้ทุกชนิดโดยรวม (ตารางที่ 23) พบว่าผลไม้ที่ตรวจสอบ จำนวน 170 ตัวอย่าง พบ β -carotene จำนวน 103 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60.59 สำหรับ total carotenoids ที่คำนวณได้จากผลรวมของสารประกอบที่ตรวจสอบทั้ง 5 ชนิดนั้น พบสารประกอบกลุ่ม carotenoids ในตัวอย่างผลไม้ที่สำรวจ จำนวน 164 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 96.47 และเมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบปริมาณต่ำสุด-สูงสุด และค่าเฉลี่ยของ β -carotene และ total carotenoids โดยจำแนกตามปริมาณน้ำตาลในผลไม้ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ผลที่ได้ ดังนี้

ในกลุ่มน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 (ภาพที่ 9) พบว่า แดงโมพันธุ์ตอร์ปิโด มีค่าเฉลี่ยปริมาณ β -carotene สูงสุด คือ $739.73 \pm 1123 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $0.00 - 2,411.74 \pm 64.8 \mu\text{g}/100\text{g}$ เมื่อพิจารณาแหล่งจำหน่าย/ปลูกที่แตกต่างกัน พบว่าจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ β -carotene คิดเป็นร้อยละ 75 รองลงมาเป็น แดงไทย มีค่าเฉลี่ย $477.13 \pm 667 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $0.00 - 1,401.35 \pm 110 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 83.33, มะละกอแขกดำ มีค่าเฉลี่ย $384.90 \pm 434 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $46.28 \pm 5.76 - 1,110.37 \pm 41.5 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, เสาวรสสีเหลือง มีค่าเฉลี่ย $266.24 \pm 88.9 \mu\text{g}/100\text{g}$ ซึ่งตรวจสอบเพียงตัวอย่างเดียว และมะละกอฮอลแลนด์ มีค่าเฉลี่ย $249.61 \pm 185 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $65.20 \pm 4.58 - 483.66 \pm 66.0 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 ตามลำดับ สำหรับ total carotenoids ที่คำนวณได้ (ภาพที่ 10) พบว่า ผลไม้กลุ่มที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 ตรวจพบสารประกอบกลุ่ม carotenoids ทุกตัวอย่าง และ เสาวรสพันธุ์สีม่วง มีสารประกอบ carotenoids สูงสุด คือ $4,222.90 \pm 1,891 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $2,764.35 \pm 723 - 6,974.62 \pm 1138 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 เนื่องจากเสาวรสสีม่วงมีปริมาณ lycopene ที่ตรวจพบสูงสุดเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่นๆ ที่ศึกษาทั้งหมด จึงมีผลทำให้ total carotenoids มีปริมาณสูงมากตามไปด้วย รองลงมาเป็น มะละกอฮอลแลนด์ มีค่าเฉลี่ย $1,526.00 \pm 1168 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $199.34 \pm 48.2 - 2,480.25 \pm 196 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 และมะละกอแขกดำ มีค่าเฉลี่ย $1,037.76 \pm 855 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $98.68 \pm 28.6 - 1,816.59 \pm 266 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 ถัดมาเป็น แดงโมตอร์ปิโด และ แดงไทย ตามลำดับ

สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 (ภาพที่ 11) พบว่า มะม่วงพันธุ์เขียวใหญ่ มีค่าเฉลี่ยสารประกอบ β -carotene สูงสุด คือ $809.10 \pm 202 \mu\text{g}/100\text{g}$ ซึ่งได้ตรวจสอบเพียงตัวอย่างเดียว รองลงมาเป็น มะม่วงน้ำดอกไม้มีค่าเฉลี่ย $665.04 \pm 698 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $20.37 \pm 6.68 - 1,370.91 \pm 169 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, สับปะรดภูเก็ต มีค่าเฉลี่ย $194.61 \pm 143 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง $32.39 \pm 2.38 - 374.15 \pm 43.4 \mu\text{g}/100\text{g}$ และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, ส้มสายน้ำผึ้ง มีค่าเฉลี่ย $130.51 \pm 118 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณระหว่าง

46.64 ± 10.5 - 333.37 ± 80.3 µg/100g และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 และ มะปรางมีค่าเฉลี่ย 99.58 ± 166 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 0.00 - 290.97 ± 64.6 µg/100g และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 66.66 ตามลำดับ สำหรับ total carotenoids ที่คำนวณได้ (ภาพที่ 12) พบว่า ผลไม้กลุ่มที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 ตรวจพบสารประกอบกลุ่ม carotenoids ทุกตัวอย่าง ในทำนองเดียวกับผลการตรวจสอบ β-carotene มะม่วงพันธุ์เขียวใหญ่สุด มีค่าเฉลี่ย total carotenoids สูงสุด คือ 826.30 ± 202 µg/100g ซึ่งได้ตรวจสอบเพียงตัวอย่างเดียว รองลงมาเป็น มะม่วงน้ำดอกไม้ไม่มีค่าเฉลี่ย 669.58 ± 704 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 20.37 ± 6.68 - 1,389.08 ± 172 µg/100g และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, สับปะรดภูเก็ต มีค่าเฉลี่ย 201.90 ± 140 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 32.39 ± 2.38 - 383.11 ± 40.2 µg/100g และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100, ส้มสายน้ำผึ้ง มีค่าเฉลี่ย 174.14 ± 154 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 46.64 ± 10.5 - 437.31 ± 87.1 µg/100g และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 และ มะปรางมีค่าเฉลี่ย 134.79 ± 206 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 12.76 ± 0.37 - 372.53 ± 75.6 µg/100g และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 เช่นกัน ตามลำดับ

สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 (ภาพที่ 13 และ 14) พบว่า ตัวอย่างขนุนทั้งสามสายพันธุ์ที่เก็บจากแหล่งจำหน่ายทุกแห่ง รวมทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ตรวจพบ β-carotene เพียง 4 ตัวอย่าง โดยที่ ขนุนสีทอง มีค่าเฉลี่ยปริมาณ β-carotene สูงสุด คือ 53.87 ± 80.4 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 0.00-170.15 ± 85.7 µg/100g รองลงมาเป็น ขนุนทองประเสริฐ มีค่าเฉลี่ย 23.48 ± 32.0 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 0.00 - 67.80 ± 10.3 µg/100g และ ขนุนเพชรราชา ตรวจไม่พบ β-carotene ส่วนมะขามทั้งสองสายพันธุ์ตรวจไม่พบ β-carotene เช่นกัน สำหรับการตรวจสอบ total carotenoids พบได้เฉพาะในตัวอย่างขนุนทั้งสามสายพันธุ์ทุกตัวอย่าง โดยที่ขนุนพันธุ์สีทองมีค่าเฉลี่ยปริมาณ total carotenoids สูงสุด คือ 119.32 ± 170 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 20.16 ± 4.53 - 373.55 ± 175 µg/100g รองลงมาเป็น ขนุนทองประเสริฐ มีค่าเฉลี่ย 41.73 ± 37.5 µg/100g โดยมีปริมาณระหว่าง 15.79 ± 3.78 - 95.32 ± 12.2 µg/100g และขนุนเพชรราชา มีปริมาณต่ำสุด สำหรับมะขามทั้งสองสายพันธุ์ ตรวจไม่พบ total carotenoids เลย

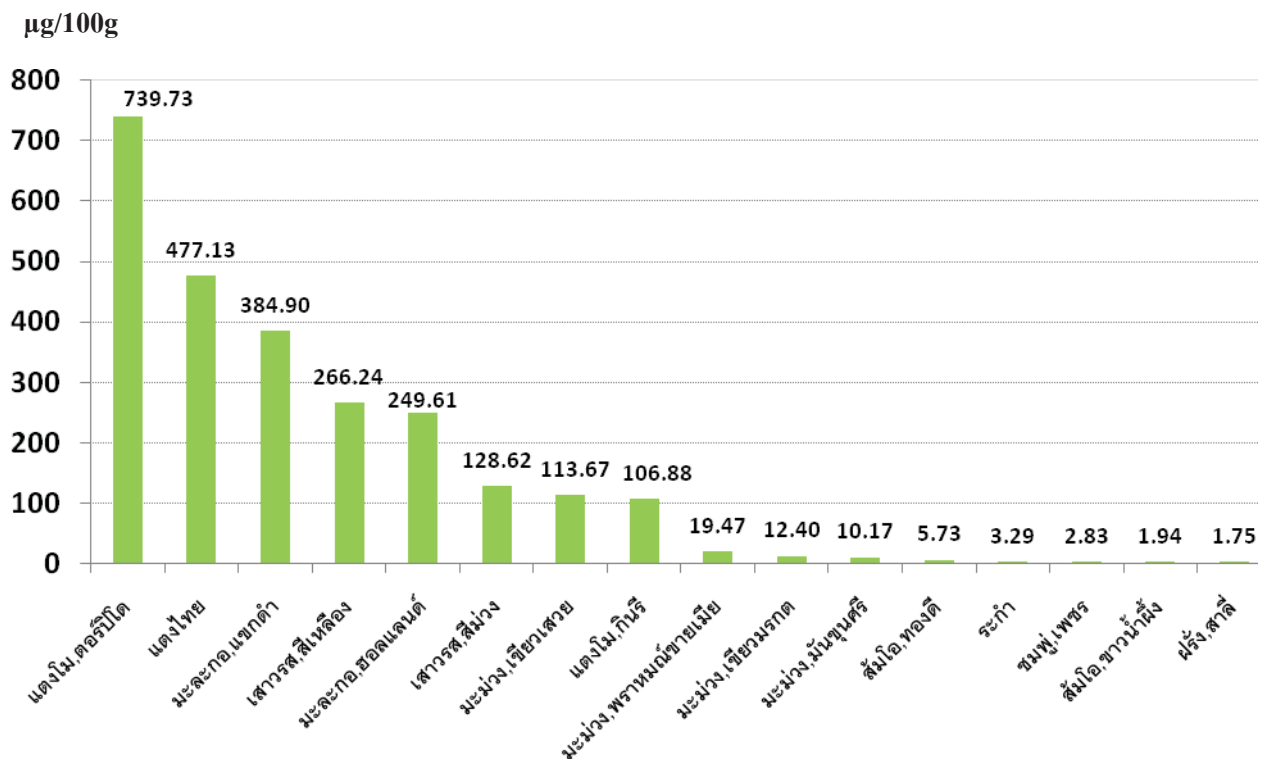
ตารางที่ 23 ปริมาณค่าสูงสุด - สูงสุด และค่าเฉลี่ยของ β -carotene และ total carotenoids ที่ตรวจพบในผลไม้ไทย

สายพันธุ์	จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์	β-carotene		Total carotenoids			
		จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (μg/100g)	ค่าเฉลี่ย (μg/100g)	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (μg/100g)	ค่าเฉลี่ย (μg/100g)
กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่า ร้อยละ 10							
ชมพู่							
ทับทิมจันทร์	4	0	0.00	0.00	4 (100)	12.04 ± 0.58 - 25.84 ± 3.79	19.88 ± 5.85
เพชร	4	1 (25)	0.00 - 11.31 ± 2.81	2.83 ± 5.66	4 (100)	18.13 ± 3.68 - 39.90 ± 7.37	25.84 ± 10.28
แตงโม							
ดอร์ปีโด	4	3 (75)	0.00 - 2,411.74 ± 64.8	739.73 ± 1123	4 (100)	12.09 ± 1.10 - 2,433.55 ± 65.4	759.17 ± 1126
กินรี	4	4 (100)	60.50 ± 20.81 - 194.55 ± 0.22	106.88 ± 63.2	4 (100)	73.24 ± 2.46 - 207.59 ± 0.06	121.33 ± 61.3
แตงไทย	6	5 (83.33)	0.00 – 1,401.35 ±110	477.13 ± 667	6 (100)	66.70 ± 2.47 - 1,540.07 ± 114	552.23 ± 688
ฝรั่ง							
สาลี่/เป็นสีทอง	4	1 (25)	0.00 - 7.00 ± 0.00	1.75 ± 3.5	4 (100)	10.67 ± 0.09 - 23.12 ± 0.76	16.49 ± 5.21
กินจู	4	0	0.00	0.00	4 (100)	10.67 ± 0.09 - 17.40 ± 6.53	14.76 ± 3.25
มะม่วง, ห่าม							
เขียวเสวย	5	4 (80)	0.00 - 317.19 ± 35.2	113.67 ± 127	5 (100)	24.72 ± 0.68 - 356.60 ± 39.0	138.92 ± 133
มันขุนศรี	4	3 (75)	0.00 - 15.42 ± 2.76	10.17 ± 7.20	4 (100)	18.50 ± 0.04 - 114.91 ± 2.48	46.08 ± 46.3
เขียวมรกต	4	3 (75)	0.00 - 17.27 ± 4.16	12.40 ± 8.28	4 (100)	8.20 ± 0.37 - 25.37 ± 4.38	20.53 ± 8.24
พราหมณ์เขียวเม็ย	1	1 (100)	19.47 ± 4.55	19.47 ± 4.55	1 (100)	43.84 ± 4.93	43.84 ± 4.93

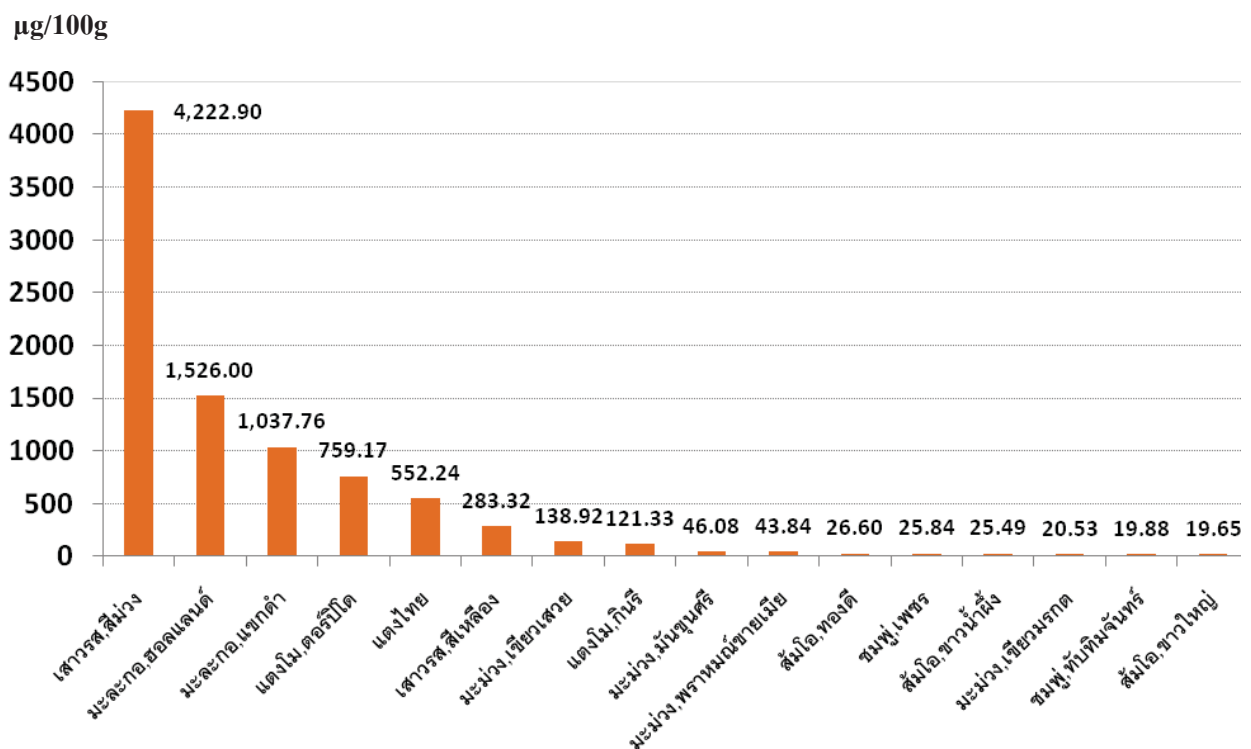
สายพันธุ์	จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์	β-carotene			Total carotenoids		
		จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)
มะละกอ							
แขกดำ	5	5 (100)	46.28 ± 5.76 - 1,110.37 ± 41.5	384.90 ± 434	5 (100)	98.68 ± 28.6 - 1,816.59 ± 266	1,037.76 ± 855
ฮอลแลนด์	5	5 (100)	65.20 ± 4.58 - 483.66 ± 66.0	249.61 ± 185	5 (100)	199.34 ± 48.2 - 2,480.25 ± 196	1,526.00 ± 1168
มะขามเทศ	2	0	0.00	0.00	2 (100)	8.27 ± 0.44 - 8.90 ± 0.48	8.59 ± 0.45
ระกำ	1	1 (100)	3.29 ± 4.46	3.29 ± 4.46	1 (100)	3.29 ± 4.46	3.29 ± 4.46
ส้มโอ							
ขาน้ำผึ้ง	4	1 (25)	0.00 - 7.74 ± 4.08	1.94 ± 2.42	4 (100)	18.67 ± 0.38 - 32.12 ± 7.98	25.49 ± 25.3
ทองดี	4	2 (50)	0.00 - 18.53 ± 1.18	5.73 ± 8.78	4 (100)	18.06 ± 0.01 - 49.14 ± 0.15	26.60 ± 15.1
ขาวใหญ่	3	0	0.00	0.00	3 (100)	12.42 ± 0.01 - 25.69 ± 0.79	19.65 ± 6.72
เสาวรส							
สีม่วง	4	3 (75)	24.95 ± 6.40 - 402.53 ± 22.8	128.62 ± 183	4 (100)	2764.35 ± 723 - 6,974.62 ± 1138	4,222.90 ± 1891
สีเหลือง	1	1 (100)	266.24 ± 88.9	266.24 ± 88.9	1 (100)	283.32 ± 89.2	283.32 ± 89.2
กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20							
กล้วย							
น้ำว้า	4	2 (50)	0.00 - 78.69 ± 14.28	36.88 ± 42.8	4 (100)	16.10 ± 0.09 - 106.36 ± 9.67	62.92 ± 46.0
หอม	5	0	0.00	0.00	5 (100)	12.52 ± 2.52 - 47.89 ± 2.26	23.05 ± 14.3
ไข่	5	1 (20)	0.00 - 17.87 ± 3.14	3.75 ± 7.99	5 (100)	10.43 ± 0.97 - 53.33 ± 6.41	29.83 ± 20.5
เล็บมือนาง	4	0	0.00	0.00	4 (100)	8.02 ± 0.23 - 12.00 ± 0.55	9.90 ± 2.11
หิมฤ	4	3 (75)	15.55 ± 1.44 - 24.95 ± 5.63	14.22 ± 10.4	4 (100)	13.12 ± 0.96 - 43.08 ± 6.38	28.20 ± 12.2

สายพันธุ์	จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์	β-carotene			Total carotenoids		
		จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด (μg/100g)	ค่าเฉลี่ย (μg/100g)	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด (μg/100g)	ค่าเฉลี่ย (μg/100g)
มะม่วง, สุก							
น้ำดอกไม้	4	4 (100)	20.37 ± 6.68 - 1,370.91±169	665.04 ± 698	4 (100)	20.37 ± 6.68 – 1,389.08 ± 172	669.58 ± 704
ออกรอง	3	3 (100)	9.24 ± 1.55 - 51.95 ± 13.6	26.82 ± 22.3	3 (100)	9.24 ± 1.55 - 51.95 ± 13.6	26.82 ± 22.3
มหาชนก	3	3 (100)	24.61 ± 1.84 - 74.86 ± 8.40	47.28 ± 25.5	3 (100)	24.61 ± 1.84 - 74.86 ± 8.40	47.28 ± 25.5
เขียวใหญ่	1	1 (100)	809.10 ± 202	809.10 ± 202	1 (100)	826.30 ± 202	826.30 ± 202
มะปราง	3	2 (66.66)	0.00 - 290.97 ± 64.6	99.58 ± 166	3 (100)	12.76 ± 0.37 - 372.53 ± 75.6	134.79 ±206
มะยงชิด	4	3 (75)	0.00 - 197.99 ± 7.04	55.51 ±95.2	4 (100)	21.89 ± 1.56 - 239.12 ± 8.17	79.26 ±107
มะเฟือง	4	4 (100)	5.10 ± 1.41 - 57.94 ± 9.71	30.16 ± 27.6	4 (100)	7.71 ± 0.02 - 90.00 ± 11.4	49.83 ± 43.9
ละมุด							
พื้นบ้าน	2	2 (100)	11.31 ± 1.75 - 13.76 ± 4.14	12.54 ± 1.73	2 (100)	33.29 ± 5.86 - 33.36 ± 0.90	33.33 ± 0.05
สำลี	1	0	0.00	0.00	1 (100)	13.07 ± 1.01	13.07 ± 1.01
สด	4	3 (75)	0.00 - 22.25 ± 3.54	10.45 ± 9.57	4 (100)	6.21 ± 1.58 - 22.25 ± 3.54	12.38 ± 7.26
ส้มเขียวหวาน							
สำน้ำผึ้ง	5	5 (100)	46.64 ± 10.5 - 333.37 ± 80.3	130.51 ± 118	5 (100)	46.64 ± 10.5 - 437.31 ± 87.1	174.14 ± 154
บางมด	4	4 (100)	18.55 ± 2.08 - 164.55 ± 4.24	77.67 ± 70.5	4 (100)	43.14 ± 2.65 - 210.17 ± 3.73	113.24 ± 76.9
ส้มเกลี้ยง	4	0	0.00	0.00	4 (100)	19.99 ± 1.32 - 32.40 ± 0.75	25.69 ± 5.71

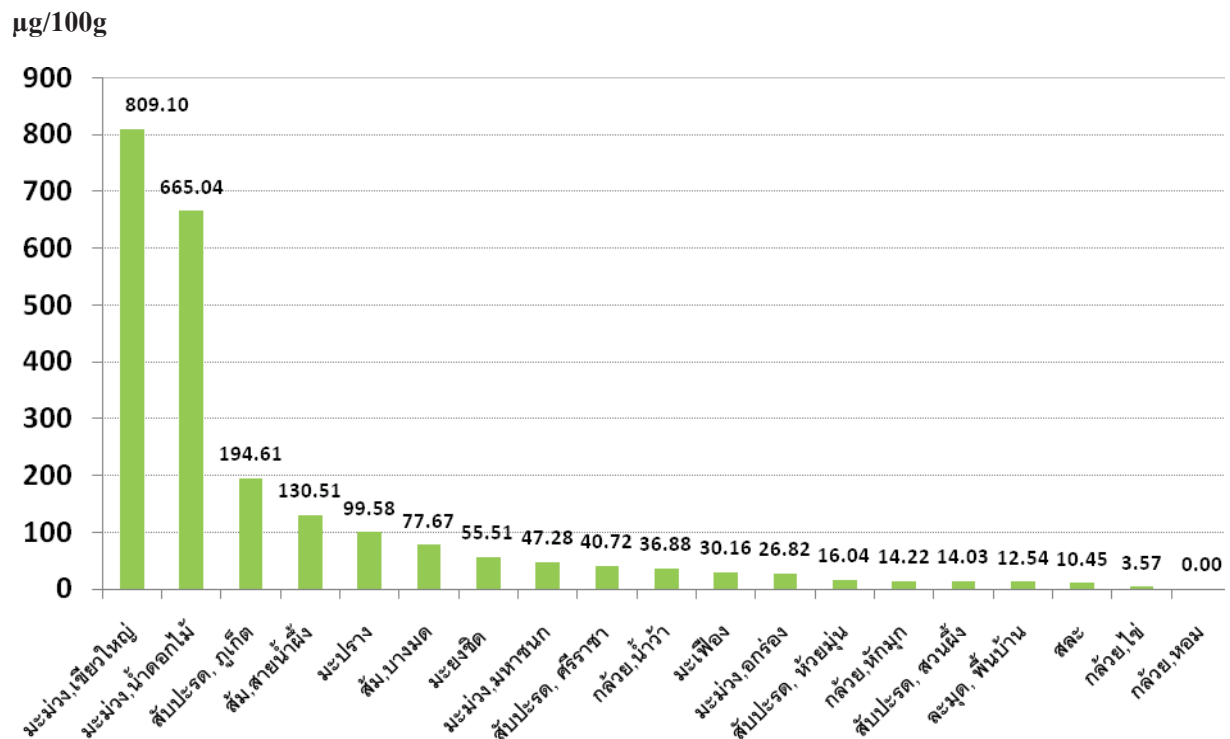
สายพันธุ์	จำนวน ตัวอย่างที่ วิเคราะห์	β-carotene			Total carotenoids		
		จำนวน, ตัวอย่างที่ ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)	จำนวน, ตัวอย่างที่ ตรวจพบ (ร้อยละ)	ค่าต่ำสุด –สูงสุด (µg/100g)	ค่าเฉลี่ย (µg/100g)
สับปะรด							
ศรีราชา	5	4 (80)	0.00 - 92.14 ± 14.9	40.72 ± 40.2	5 (100)	7.67 ± 0.21- 109.12 ± 15.1	50.57 ± 46.0
ภูเก็ต/ปัตตานี	5	5 (100)	32.39 ± 2.38 - 374.15 ± 43.4	194.61 ±143	5 (100)	32.39 ± 2.38 - 383.11 ± 40.2	201.90 ± 140
สวนผึ้ง	4	4 (100)	9.71 ± 0.17 - 17.68 ± 1.35	14.03 ±3.35	4 (100)	13.52 ± 0.25 - 34.09 ± 6.30	22.94 ± 9.19
ห้วยมน	3	3 (100)	9.64 ± 0.16 – 20.50± 2.37	16.04 ±5.68	3 (100)	17.83 ± 0.90 – 20.50 ± 2.37	18.77 ± 1.50
กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่า ร้อยละ 20							
ขนุน							
ทองประเสริฐ	4	2 (50)	0.00 - 67.80 ± 10.3	23.48 ± 32.0	4 (100)	15.79 ± 3.78 - 95.32 ± 12.2	41.73 ± 37.5
สีทอง	4	2 (50)	0.00-170.15 ± 85.7	53.87 ±80.4	4 (100)	20.16 ± 4.53 - 373.55 ± 175	119.32 ± 170
เพชรราชา	2	0	0.00	0.00	2 (100)	17.04 ± 1.69 - 18.30 ± 0.10	17.67 ± 0.89
มะขาม							
สีทอง	3	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
สีชมพู	3	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
ผลรวม	170	103 (60.59)			164 (96.47)		



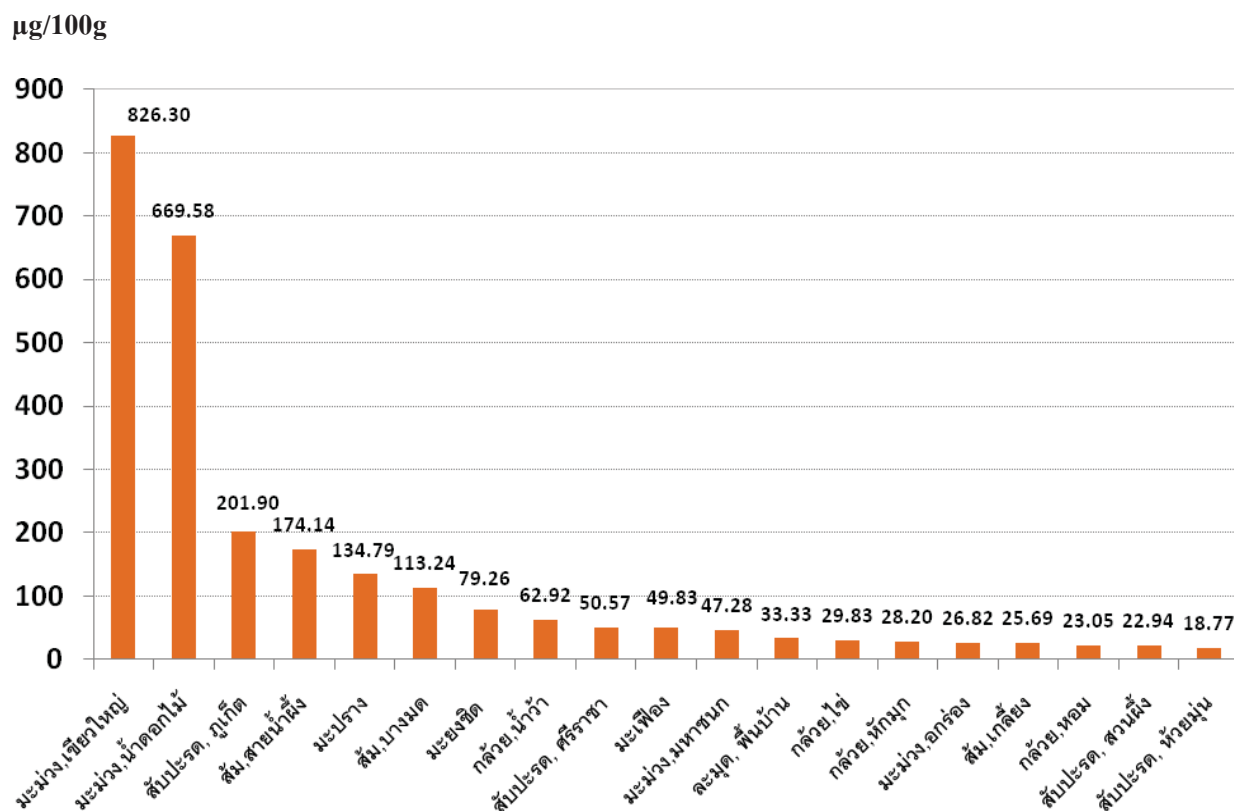
ภาพที่ 9 ปริมาณ β -carotene ในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด



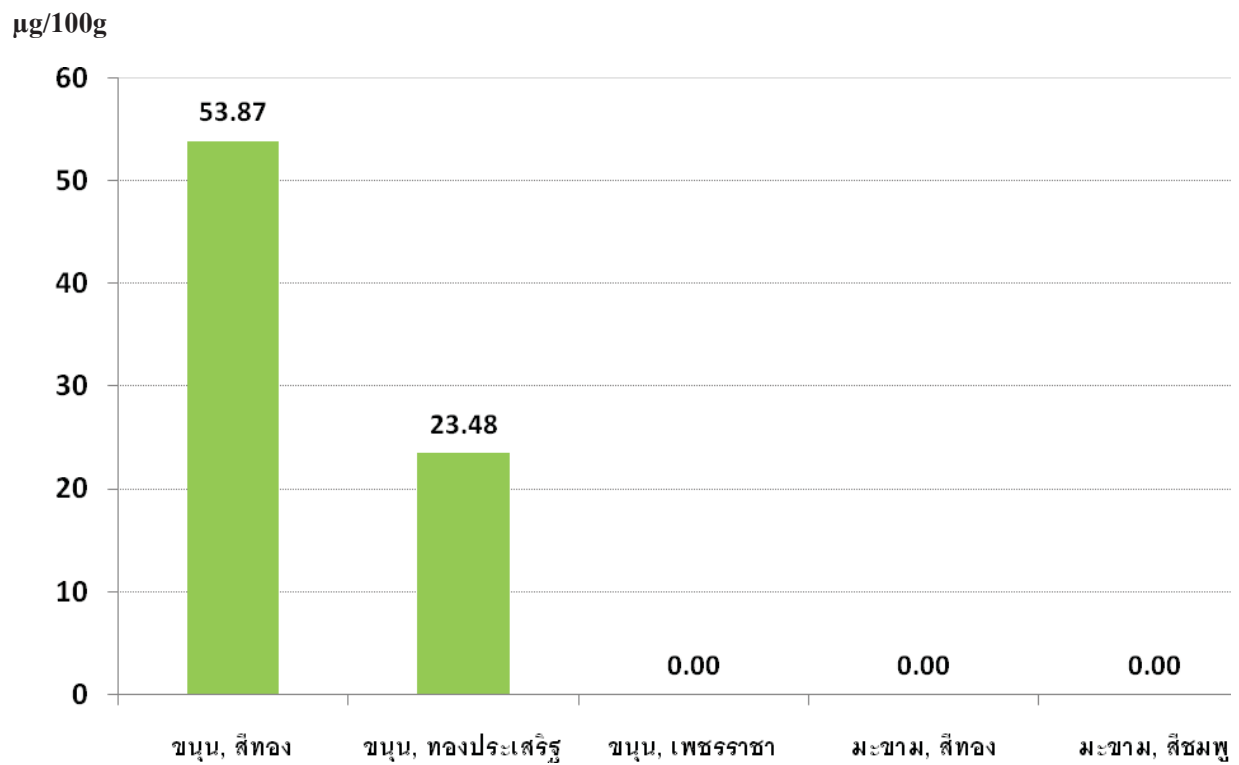
ภาพที่ 10 ปริมาณ Total carotenoids ในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด



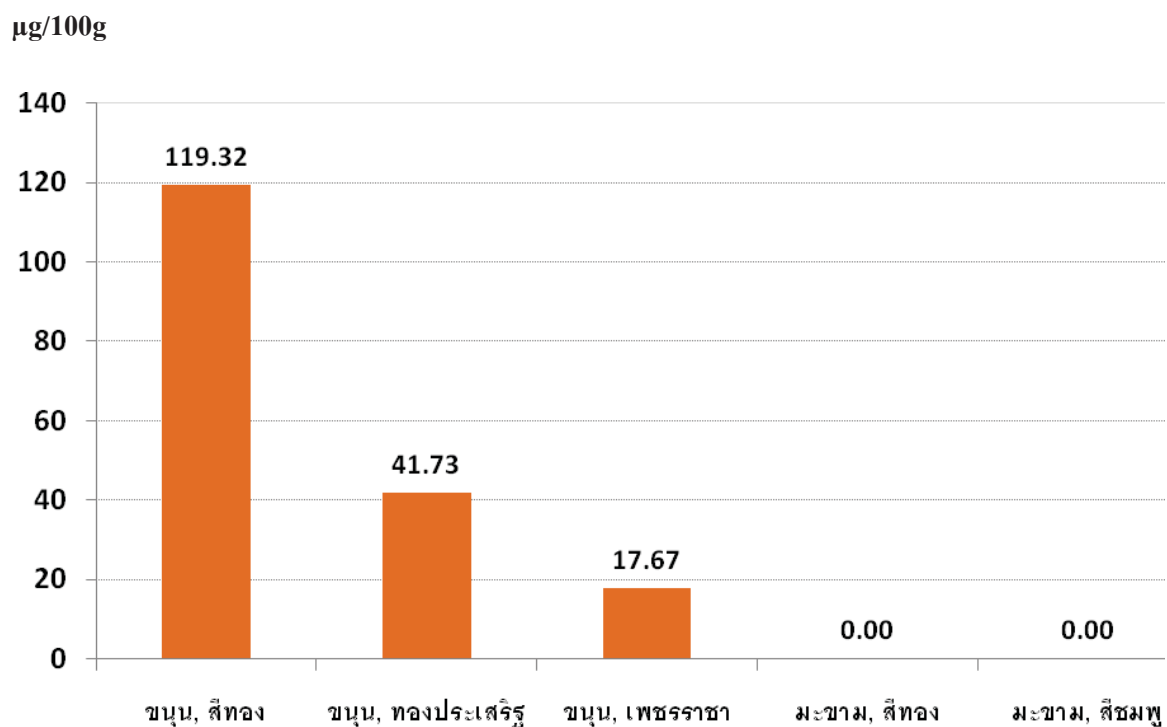
ภาพที่ 11 ปริมาณ β -carotene ในผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10-20 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด



ภาพที่ 12 ปริมาณ total carotenoids ในผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10-20 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด



ภาพที่ 13 ปริมาณ β -carotene ในผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด



ภาพที่ 14 ปริมาณ total carotenoids ในผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด

5. การจัดลำดับปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด ของ lutein, zeaxanthin, β -carotene และ total carotenoids ในผลไม้ไทย

ตารางที่ 24 แสดงให้ถึงภาพรวมของผลการตรวจสอบสารประกอบ lutein, zeaxanthin, β -carotene และ total carotenoids ในผลไม้ไทยจำนวน 21 ชนิด 47 สายพันธุ์ ที่สำรวจ โดยแสดงผลเป็นค่าปริมาณค่าเฉลี่ยที่ตรวจพบจากค่าสูงสุดถึงต่ำสุด ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า สารประกอบ lutein พบได้ในผลไม้ไทย 19 ชนิด 40 สายพันธุ์ ซึ่งผลไม้ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณ lutein สูงสุด 10 ลำดับแรก คือ แดงไทย (66.17 $\mu\text{g}/100\text{g}$) กล้วยน้ำว้า (26.04 $\mu\text{g}/100\text{g}$) กล้วยหอม (23.05 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ขนุนสีทอง (22.91 $\mu\text{g}/100\text{g}$) กล้วยไข่ (22.69 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ชมพูเพชร (20.65 $\mu\text{g}/100\text{g}$) แดงโมดอร์ปีโด (19.44 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ขนุนเพชรราชา (17.67 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ละมุดพื้นบ้าน (16.35 $\mu\text{g}/100\text{g}$) และ แดงโมกีนรี (14.46 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ ผลไม้ที่ตรวจไม่พบ lutein เลย คือระกำ มะขามสีทอง มะขามสีชมพู มะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงอกร่อง มะม่วงมหาชนก และมะม่วงเขียวใหญ่ (ภาพที่ 15)

ขณะที่สารประกอบ zeaxanthin พบได้ในชนิดของผลไม้ไทยน้อยกว่า lutein คือพบเพียง 15 ชนิด 26 สายพันธุ์ ซึ่งผลไม้ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณ zeaxanthin สูงสุด 10 ลำดับแรก คือ มะปราง (27.29 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงมันขุนศรี (24.93 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะยงชิด (20.89 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะละกอแขกดำ (18.02 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงเขียวใหญ่ (17.2 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มบางมด (16.40 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงเขียวเสวย (13.99 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มเกลี้ยง (11.38 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มสายน้ำผึ้ง (10.68 $\mu\text{g}/100\text{g}$) และ ส้มโขวานน้ำผึ้ง (10.39 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ (ภาพที่ 16)

สารประกอบ β -carotene พบได้ในผลไม้ไทยเกือบทุกชนิดเช่นเดียวกับ lutein หรือพบในผลไม้ 19 ชนิด 36 สายพันธุ์ ซึ่งผลไม้ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณ β -carotene สูงสุด 10 ลำดับแรก คือ มะม่วงเขียวใหญ่ (809.10 $\mu\text{g}/100\text{g}$) แดงโมดอร์ปีโด (739.73 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงน้ำดอกไม้ (665.04 $\mu\text{g}/100\text{g}$) แดงไทย (477.13 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะละกอแขกดำ (384.90 $\mu\text{g}/100\text{g}$) เสาวรสสีเหลือง (266.24 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะละกอฮอลแลนด์ (249.61 $\mu\text{g}/100\text{g}$) สับปะรดภูเก็ต (194.61 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มสายน้ำผึ้ง (130.51 $\mu\text{g}/100\text{g}$) และ เสาวรสสีม่วง (128.62 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ (ภาพที่ 17)

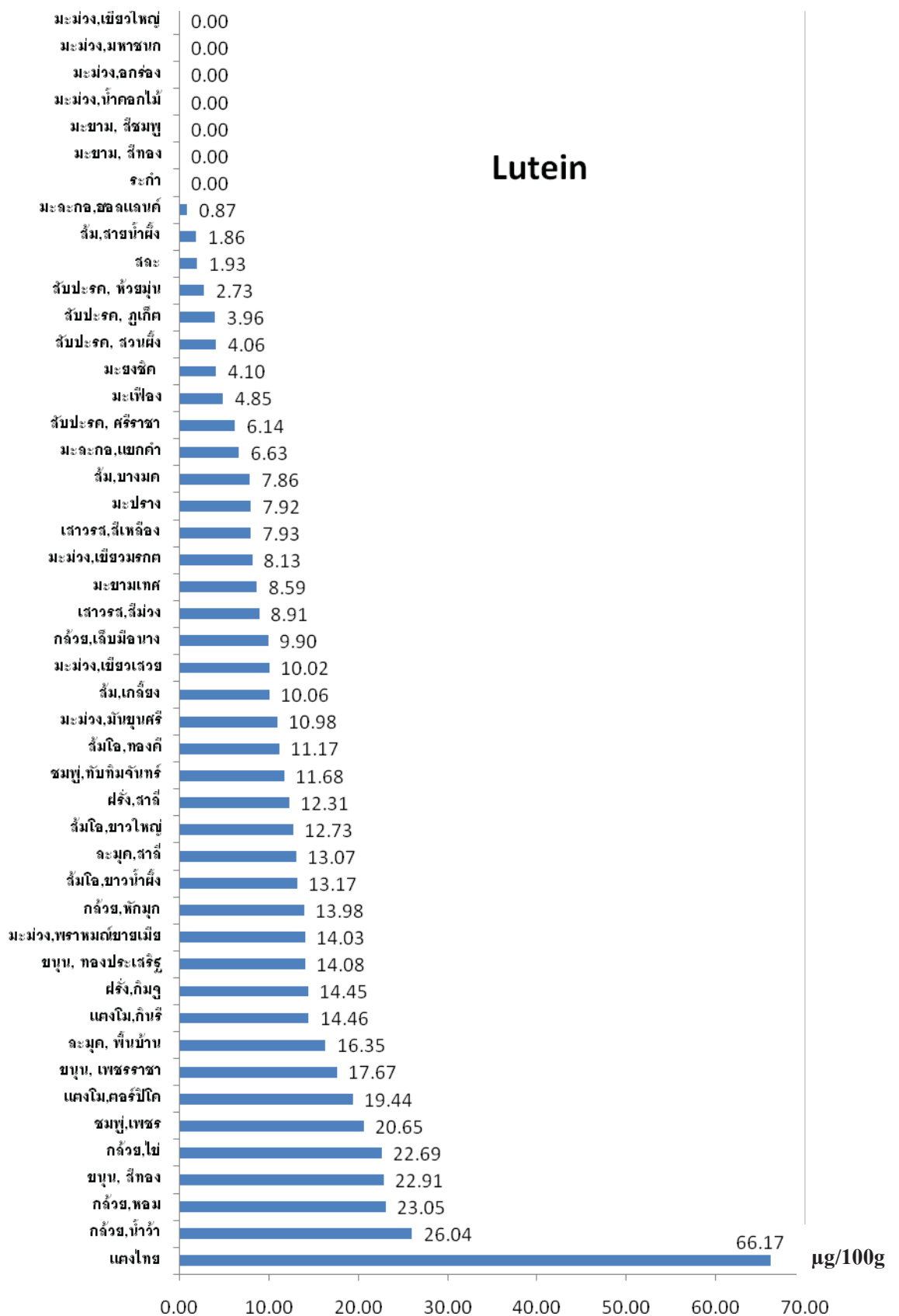
เมื่อพิจารณาถึงสารประกอบกลุ่ม carotenoids ที่ตรวจพบได้โดยรวม พบว่าผลไม้ไทย มีสารประกอบ carotenoids เป็นองค์ประกอบเกือบทุกชนิด เช่นเดียวกับ lutein หรือพบในผลไม้ 19 ชนิด 36 สายพันธุ์ ซึ่งผลไม้ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณ carotenoids สูงสุด 10 ลำดับแรก คือ เสาวรสสีม่วง (4,222.90 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะละกอฮอลแลนด์ (1,526.00 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะละกอแขกดำ (1,037.76 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงเขียวใหญ่ (826.30 $\mu\text{g}/100\text{g}$) แดงโมดอร์ปีโด (759.17 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงน้ำดอกไม้ (669.58 $\mu\text{g}/100\text{g}$) แดงไทย (552.24 $\mu\text{g}/100\text{g}$) เสาวรสสีเหลือง (283.32 $\mu\text{g}/100\text{g}$) สับปะรดภูเก็ต (201.90 $\mu\text{g}/100\text{g}$) และ ส้มสายน้ำผึ้ง (174.14 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ ขณะที่ตรวจไม่พบสารประกอบ carotenoids ในมะขามเพียงชนิดเดียว (ภาพที่ 18)

ตารางที่ 24 การจัดลำดับปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด ของ lutein, zeaxanthin, β -carotene และ total carotenoids ในผลไม้ไทย

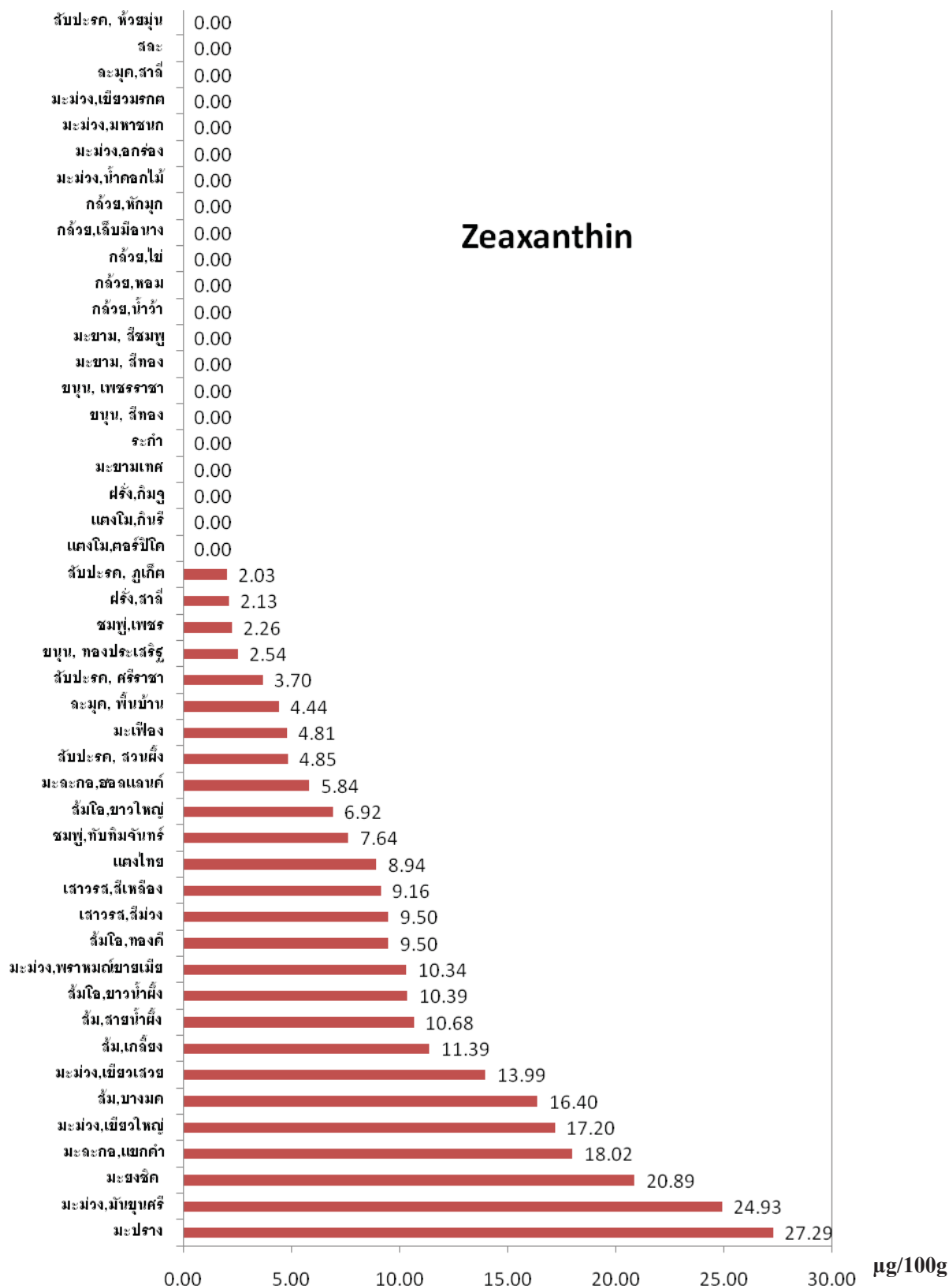
สายพันธุ์	Lutein	สายพันธุ์	Zeaxanthin	สายพันธุ์	β -carotene	สายพันธุ์	Total carotenoids
แตงไทย	66.17	มะปราง	27.29	มะม่วง, เขียวใหญ่	809.10	เสาวรส, สีม่วง	4222.90
กล้วย, น้ำว้า	26.04	มะม่วง, มั่นชูศรี	24.93	แตงโม, ทอริโปโต	739.73	มะละกอ, ฮอลแลนด์	1526.00
กล้วย, หอม	23.05	มะยงชิด	20.89	มะม่วง, น้ำดอกไม้	665.04	มะละกอ, เขาคั่ว	1037.76
ขนุน, สีทอง	22.91	มะละกอ, เขาคั่ว	18.02	แตงไทย	477.13	มะม่วง, เขียวใหญ่	826.30
กล้วย, ไข่	22.69	มะม่วง, เขียวใหญ่	17.20	มะละกอ, เขาคั่ว	384.90	แตงโม, ทอริโปโต	759.17
ชมพู, เพชร	20.65	ส้ม, บางมด	16.40	เสาวรส, สีเหลือง	266.24	มะม่วง, น้ำดอกไม้	669.58
แตงโม, ทอริโปโต	19.44	มะม่วง, เขียวสวย	13.99	มะละกอฮอลแลนด์	249.61	แตงไทย	552.24
ขนุน, เพชรราชา	17.67	ส้ม, เกลี้ยง	11.39	สับปะรด, ภูเก็ต	194.61	เสาวรส, สีเหลือง	283.32
ละมุด, พันบ้าน	16.35	ส้ม, สายน้ำผึ้ง	10.68	ส้ม, สายน้ำผึ้ง	130.51	สับปะรด, ภูเก็ต	201.90
แตงโม, กินรี	14.46	ส้มโอ, ขาวน้ำผึ้ง	10.39	เสาวรส, สีม่วง	128.62	ส้ม, สายน้ำผึ้ง	174.14
ฝรั่ง, กินจู	14.45	มะม่วง, พราหมณ์ขายเมีย	10.34	มะม่วง, เขียวสวย	113.67	มะม่วง, เขียวสวย	138.92
ขนุน, ทองประเสริฐ	14.08	ส้มโอ, ทองดี	9.50	แตงโม, กินรี	106.88	มะปราง	134.79
มะม่วงพราหมณ์ขายเมีย	14.03	เสาวรส, สีม่วง	9.50	มะปราง	99.58	แตงโม, กินรี	121.33
กล้วย, หักมูก	13.98	เสาวรส, สีเหลือง	9.16	ส้ม, บางมด	77.67	ขนุน, สีทอง	119.32
ส้มโอ, ขาวน้ำผึ้ง	13.17	แตงไทย	8.94	มะยงชิด	55.51	ส้ม, บางมด	113.24

สายพันธุ์	Lutein	สายพันธุ์	Zeaxanthin	สายพันธุ์	β -carotene	สายพันธุ์	Total carotenoids
ละมุด, สาลี่	13.07	ชมพู, ทับทิมจันทร์	7.65	ขนุน, สีทอง	53.87	มะยงชิด	79.26
ส้มโอ, ขาวใหญ่	12.73	ส้มโอ, ขาวใหญ่	6.92	มะม่วง, มหาชนก	47.28	กล้วย, น้ำว้า	62.92
ฝรั่ง, สาลี่	12.31	มะละกอ, ฮอลแลนด์	5.84	สับปะรด, ศรีราชา	40.72	สับปะรด, ศรีราชา	50.57
ชมพู, ทับทิมจันทร์	11.68	สับปะรด, สวนผึ้ง	4.85	กล้วย, น้ำว้า	36.88	มะเฟือง	49.83
ส้มโอ, ทองดี	11.17	มะเฟือง	4.82	มะเฟือง	30.16	มะม่วง, มหาชนก	47.28
มะม่วง, มันทุนศรี	10.98	ละมุด, พันบ้าน	4.44	มะม่วง, อกร่อง	26.82	มะม่วง, มันทุนศรี	46.08
ส้ม, เกลี้ยง	10.06	สับปะรด, ศรีราชา	3.70	ขนุน, ทองประเสริฐ	23.48	มะม่วง, พรหมฉายเมีย	43.84
มะม่วง, เขียวเสวย	10.02	ขนุน, ทองประเสริฐ	2.54	มะม่วง, พรหมฉายเมีย	19.47	ขนุน, ทองประเสริฐ	41.73
กล้วย, เต็มมือนาง	9.90	ชมพู, เพชร	2.26	สับปะรด, หัวมุ่น	16.04	ละมุด, พันบ้าน	33.33
เสาวรส, สีม่วง	8.91	ฝรั่ง, สาลี่	2.13	กล้วย, หักมูก	14.22	กล้วย, ไข่	29.83
มะขามเทศ	8.59	สับปะรด, ภูเก็ต	2.03	สับปะรด, สวนผึ้ง	14.03	กล้วย, หักมูก	28.20
มะม่วง, เขียวมรกต	8.13	แตงโม, ดอร์บีโด	0.00	ละมุด, พันบ้าน	12.54	มะม่วง, อกร่อง	26.82
เสาวรส, สีเหลือง	7.93	แตงโม, กินรี	0.00	มะม่วง, เขียวมรกต	12.40	ส้มโอ, ทองดี	26.60
มะปราง	7.92	ฝรั่ง, กิมจู	0.00	สละ	10.45	ชมพู, เพชร	25.84
ส้ม, บางมด	7.86	มะขามเทศ	0.00	มะม่วง, มันทุนศรี	10.17	ส้ม, เกลี้ยง	25.69
มะละกอ, แยกดำ	6.63	ระกำ	0.00	ส้มโอ, ทองดี	5.73	ส้มโอ, ขาวน้ำผึ้ง	25.49
สับปะรด, ศรีราชา	6.14	ขนุน, สีทอง	0.00	กล้วย, ไข่	3.57	กล้วย, หอม	23.05

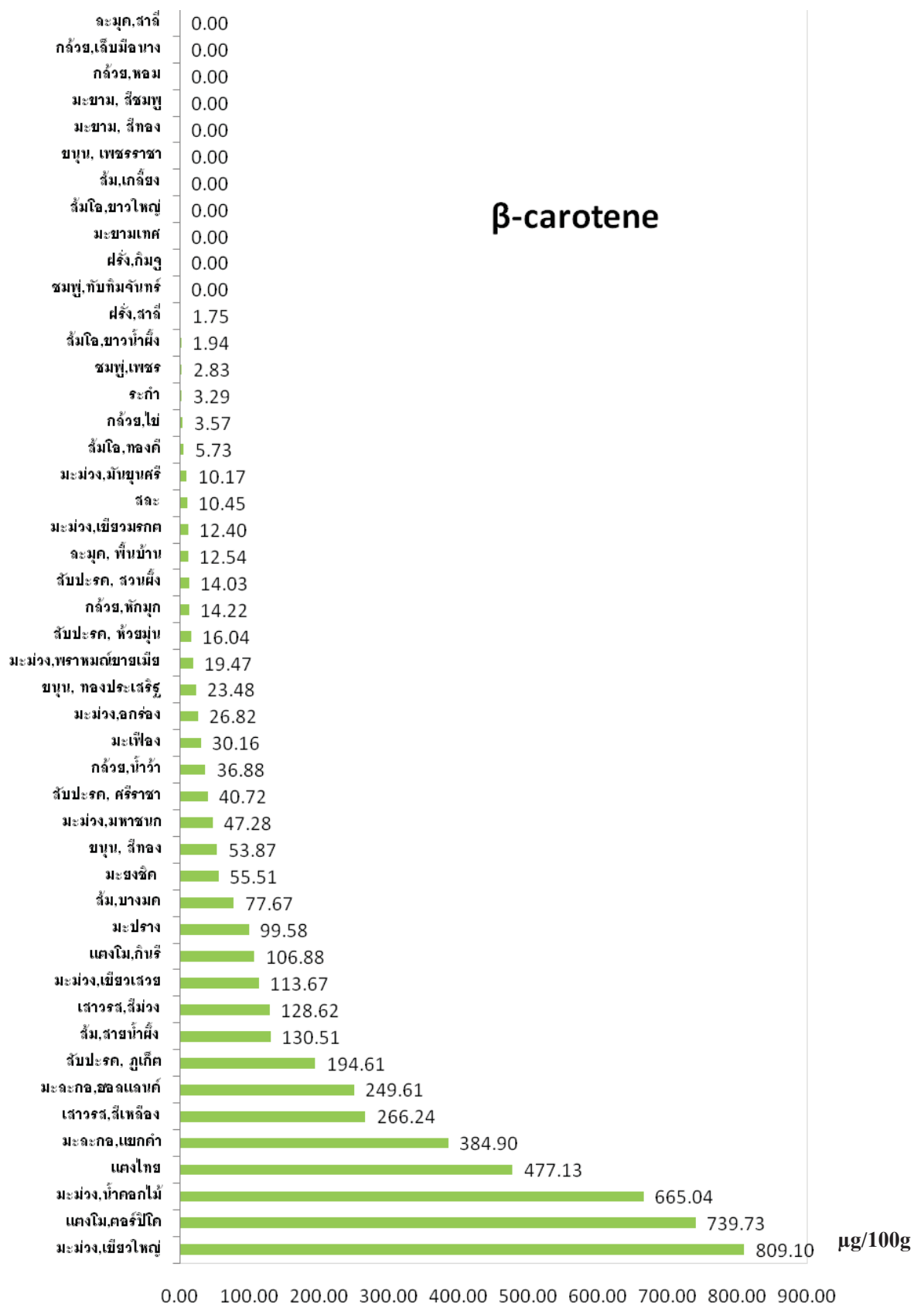
สายพันธุ์	Lutein	สายพันธุ์	Zeaxanthin	สายพันธุ์	β -carotene	สายพันธุ์	Total carotenoids
มะเฟือง	4.85	ขนุน, เพชรราชา	0.00	ระกำ	3.29	สับปะรด, ส่วนฝั่ง	22.94
มะยงชิด	4.10	มะขาม, สีทอง	0.00	ชมพู,เพชร	2.83	มะม่วง,เขียวมรกต	20.53
สับปะรด, ส่วนฝั่ง	4.06	มะขาม, สีชมพู	0.00	ส้มโอ,ขาวน้ำผึ้ง	1.94	ชมพู,ทับทิมจันทร์	19.88
สับปะรด, ภูเก็ต	3.96	กล้วย,น้ำว้า	0.00	ฝรั่ง,สาเล่	1.75	ส้มโอ,ขาวใหญ่	19.65
สับปะรด, หัวมุ่น	2.73	กล้วย,หอม	0.00	ชมพู,ทับทิมจันทร์	0.00	สับปะรด, หัวมุ่น	18.77
สละ	1.93	กล้วย,ไข่	0.00	ฝรั่ง,กิมจู	0.00	ขนุน, เพชรราชา	17.67
ส้ม,สายน้ำผึ้ง	1.86	กล้วย,เลืมน้อย	0.00	มะขามเทศ	0.00	ฝรั่ง,สาเล่	16.49
มะละกอ,ฮอลแลนด์	0.87	กล้วย,หักมุก	0.00	ส้มโอ,ขาวใหญ่	0.00	ฝรั่ง,กิมจู	14.76
ระกำ	0.00	มะม่วง,น้ำดอกไม้	0.00	ส้ม,เกลี้ยง	0.00	ละมุด,สาเล่	13.07
มะขาม, สีทอง	0.00	มะม่วง,อกร่อง	0.00	ขนุน, เพชรราชา	0.00	สละ	12.38
มะขาม, สีชมพู	0.00	มะม่วง,มหาชนก	0.00	มะขาม, สีทอง	0.00	กล้วย,เลืมน้อย	9.90
มะม่วง,น้ำดอกไม้	0.00	มะม่วง,เขียวมรกต	0.00	มะขาม, สีชมพู	0.00	มะขามเทศ	8.59
มะม่วง,อกร่อง	0.00	ละมุด,สาเล่	0.00	กล้วย,หอม	0.00	ระกำ	3.29
มะม่วง,มหาชนก	0.00	สละ	0.00	กล้วย,เลืมน้อย	0.00	มะขาม, สีทอง	0.00
มะม่วง,เขียวใหญ่	0.00	สับปะรด, หัวมุ่น	0.00	ละมุด,สาเล่	0.00	มะขาม, สีชมพู	0.00



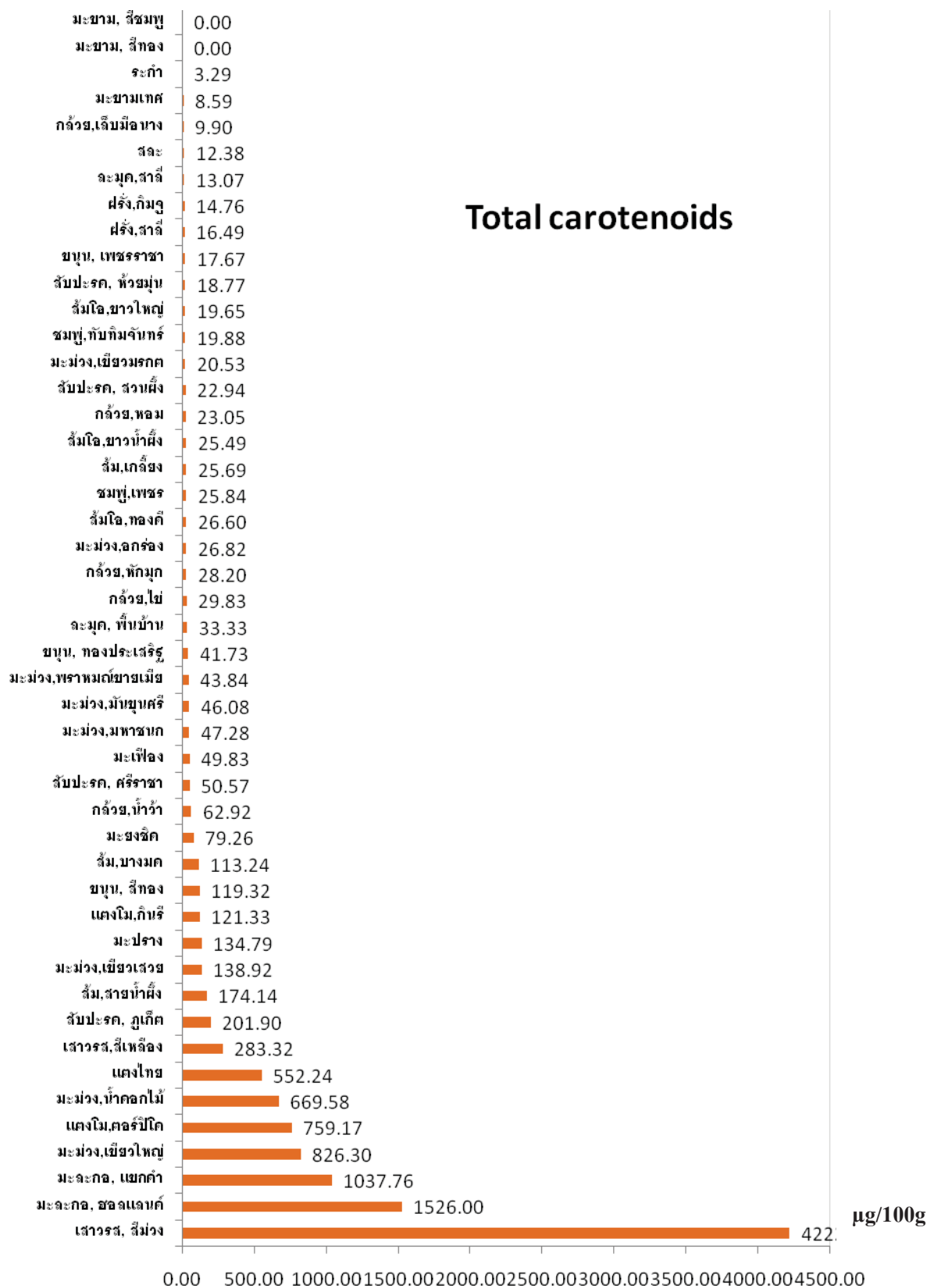
ภาพที่ 15 การจัดลำดับปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด ของ Lutein ในผลไม้ที่ศึกษาทั้งหมด



ภาพที่ 16 การจัดลำดับปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด ของ zeaxanthin ในผลไม้ที่ศึกษาทั้งหมด



ภาพที่ 17 การจัดลำดับปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด ของ β-carotene ในผลไม้ที่ศึกษาทั้งหมด



ภาพที่ 18 การจัดลำดับปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด ของ total carotenoids ในผลไม้ที่ศึกษาทั้งหมด

การวิจารณ์ผล

ในการศึกษานี้ ได้เน้นถึงการตรวจสอบ lutein และ zeaxanthin ในผลไม้ไทยที่ช่วยชะลอหรือป้องกันโรคจอประสาทตาเสื่อมในผู้สูงอายุหรือ Age-related macular degeneration (AMD) เพื่อให้ทราบถึงผลไม้ไทยชนิดใดหรือสายพันธุ์ใดที่เป็นแหล่งสารประกอบทั้งสองชนิดนี้ เนื่องจาก lutein และ zeaxanthin เป็นสารประกอบในกลุ่ม carotenoids ซึ่งสามารถแยกสกัดให้บริสุทธิ์และตรวจสอบด้วยเครื่องโครมาโตกราฟี สมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) ที่เชื่อมต่อกับคอลัมน์ YMCTM Carotenoids 5.0 μ m (4.6 mm x 250 mm) จึงทำให้ทราบสารประกอบ carotenoids อื่นๆ อีก เช่น β -cryptoxanthin, β -carotene และ lycopene โดยนำผลที่ได้มาคิดคำนวณเป็นผลรวมของ total carotenoids จากการสุ่มเก็บตัวอย่างในผลไม้ไทยจำนวน 21 ชนิด 47 สายพันธุ์ รวม 170 ตัวอย่าง ในการศึกษานี้ เมื่อตรวจสอบแล้ว พบว่า lutein พบได้ในผลไม้แทบทุกชนิด จำนวน 122 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 71.76 สำหรับ zeaxanthin ตรวจพบได้น้อยกว่า lutein พบได้ในผลไม้บางสายพันธุ์ เพียง 65 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 38.24 และยังพบว่าแหล่งจำหน่าย/ปลูกที่แตกต่างกัน มีผลกระทบต่อปริมาณสารประกอบกลุ่ม carotenoids ที่ตรวจพบในผลไม้แต่ละสายพันธุ์ ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก วิธีการเพาะปลูก ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว สภาพการขนส่งและการเก็บรักษา เป็นต้น

หากพิจารณาถึงปริมาณต่ำสุด -สูงสุด และค่าเฉลี่ยของ lutein และ zeaxanthin ของผลไม้ที่ศึกษา เมื่อจำแนกตามปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugars) ที่เป็นองค์ประกอบ จะเห็นได้ว่าในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 แดงไทยมี lutein สูงสุดเฉลี่ย $66.17 \pm 26.4 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ $117.73 \pm 4.27 \mu\text{g}/100\text{g}$ และยังสามารถตรวจพบ lutein ได้ทุกตัวอย่างที่เก็บจากทั้ง 6 แหล่ง รองลงมาเป็น ชมพูเพชร แดงโม ฝรั่งเศส มะม่วงพราหมณ์ชายเมียว และส้มโอทั้งสองสายพันธุ์ จากข้อมูลเชิงพฤกษศาสตร์ แดงไทย เป็นผลไม้พื้นบ้านไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo* L. ในวงศ์ Cucurbitaceae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับ อันนี้คว และแคนตาลูป ซึ่งในการศึกษาของ Perry et al. (2009) ในผลไม้ 13 ชนิด ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลไม้เมืองหนาว ตรวจพบ lutein ในอันนี้คว $25 \mu\text{g}/100\text{g}$ และแคนตาลูป $19 \mu\text{g}/100\text{g}$ ต่ำกว่าแดงไทยที่ตรวจสอบในการศึกษานี้ เช่นเดียวกับฐานข้อมูลปริมาณ lutein และ zeaxanthin ในผลไม้มากกว่า 100 ชนิด ในเว็บไซต์ <http://nutritiondata.self.com/foods> เรื่อง foods highest in lutein and zeaxanthin พบว่า ผลไม้ที่ lutein และ zeaxanthin รวมกันในกลุ่มเมลอน (melon) เช่น อันนี้คว แคนตาลูป และแดงโม มีค่า 27, 26 และ $8 \mu\text{g}/100\text{g}$ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแดงไทยที่ตรวจสอบในการศึกษานี้เช่นกัน และยังตรวจพบ lutein ได้ในมะม่วงหาวทั้ง 4 สายพันธุ์ ในปริมาณสูงกว่าการศึกษาของ Perry et al. (2009) ในผลไม้ 13 ชนิด ซึ่งพบ lutein ในมะม่วง เพียง $6 \mu\text{g}/100\text{g}$

สำหรับการตรวจสอบ lutein ในผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่ากล้วยน้ำว้ามี lutein สูงสุดเฉลี่ย $26.04 \pm 6.76 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ $31.02 \pm 1.11 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น กล้วยหอม กล้วยไข่ ละมุด และกล้วยหักมุก จะเห็นได้ว่ากล้วยไทยหลายสายพันธุ์ และ ละมุด เป็นแหล่งสำคัญของ lutein ที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพดวงตา ถึงแม้ปริมาณจะไม่สูงมากนักก็ตาม จากฐานข้อมูลปริมาณ lutein และ zeaxanthin ในผลไม้มากกว่า 100 ชนิด ในเว็บไซต์ <http://nutritiondata.self.com/foods> พบว่า กล้วยมี lutein และ zeaxanthin รวมกัน เท่ากับ $22 \mu\text{g}/100\text{g}$ ขณะที่กล้วยอบแห้ง (dehydrated bananas) มีปริมาณ $84 \mu\text{g}/100\text{g}$ นอกจากนี้การตรวจสอบ lutein ในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 พบว่า ขนุนทั้งสามสายพันธุ์ที่เก็บจากแหล่งจำหน่ายทุกแห่งรวม 10 ตัวอย่าง ตรวจพบ lutein ได้ทุกตัวอย่าง ขนุนสีทอง มี lutein สูงสุดเฉลี่ย $22.91 \pm 8.25 \mu\text{g}/100\text{g}$ ซึ่งยังไม่พบรายงานการตรวจสอบขนุนซึ่งเป็นผลไม้เมืองร้อนในการศึกษาใดๆ นอกจากนี้ตัวอย่างผลไม้ที่ตรวจไม่พบ lutein เลย คือ มะม่วงสุก 4 สายพันธุ์ (น้ำดอกไม้ อกร่อง มหาชนก และเขียวใหญ่) และมะขาม 2 สายพันธุ์ (สีทองและสีชมพู)

ในการรายงานผลการตรวจสอบ lutein และ zeaxanthin ส่วนใหญ่มักแสดงปริมาณสารประกอบทั้งสองนี้รวมกัน และจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ zeaxanthin มักน้อยกว่า lutein มาก หรือแทบไม่พบเลย (Perry et al. 2009) และสำหรับการศึกษานี้พบสารประกอบ zeaxanthin น้อยกว่า lutein เช่นกัน เมื่อพิจารณาปริมาณ zeaxanthin ที่ตรวจพบในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่า มะม่วงมันขุนศรี มีค่าเฉลี่ยสูงสุด $24.93 \pm 49.86 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยมีค่าสูงสุดที่ $99.72 \pm 2.96 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมามะละกอแขกดำ มะม่วงเขียวเสวย ส้มโอขาวน้ำผึ้งและมะม่วงพราหมณ์ขายเมีย ตามลำดับ ขณะที่การตรวจสอบผักผลไม้ที่นิยมปลูกทั่วไปและพื้นบ้านของประเทศปานามา จำนวน 74 ตัวอย่าง โดย Murillo, E. et al. (2010) พบว่า ละมุด (South America sapote) มีปริมาณ zeaxanthin สูงสุด ($46.2 \mu\text{g}/\text{g}$) รองลงมาคือ ส้มแมนดาริน ($2.1 \mu\text{g}/\text{g}$) เมื่อพิจารณาผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า มะปรางทุกตัวอย่างตรวจพบ zeaxanthin ด้วยค่าเฉลี่ยสูงสุด $27.29 \pm 26.43 \mu\text{g}/100\text{g}$ และปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ $57.80 \pm 11.24 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะยงชิด มะม่วงเขียวใหญ่ ส้มทั้งสามสายพันธุ์และสับปะรดสวนผึ้ง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลไม้ไทยหลายชนิดเป็นแหล่งสารประกอบทั้ง lutein และ zeaxanthin ได้แก่ แดงไทย ส้มโอชมพู มะม่วงห่าม (พราหมณ์ขายเมีย มันขุนศรี และเขียวเสวย) มะปราง มะเฟือง ส้มเกลี้ยง ส้มเขียวหวาน (บางมด และสายน้ำผึ้ง) ละมุด เสาวรสสีม่วง และสับปะรด (สวนผึ้ง ศรีราชา และภูเก็ต) เป็นต้น

จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลไม้ไทยหลากหลายชนิดเป็นแหล่งของสารประกอบ lutein และ zeaxanthin การเลือกบริโภคเป็นประจำควรคำนึงถึงปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยหรือต่ำกว่าร้อยละ 10 และมีปริมาณ lutein และ zeaxanthin สูงโดยเฉพาะ แดงไทย จึงเป็นทางเลือกเพื่อสุขภาพที่ดีสำหรับผู้สูงอายุหรือผู้บริโภคที่ต้องการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคจอประสาทตาเสื่อม หรือ Age-related macular degeneration (AMD) ซึ่งสามารถรับประทานได้เป็นประจำ

สำหรับการเลือกบริโภคผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 10 นั้น ควรบริโภคแต่พอดี เนื่องจากการได้รับน้ำตาลมากเกินไปเกินกว่าความต้องการของร่างกาย จะส่งผลให้เกิดเป็นโรคอ้วนได้ เนื่องจากน้ำตาลที่ไม่ได้ใช้เป็นพลังงาน จะเปลี่ยนเป็นไขมันสะสมภายในร่างกาย หากเป็นโรคอ้วนแล้วจะมีความเสี่ยงสูงต่อโรคไขมันในเลือดสูง โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ เป็นต้น โดยองค์การอนามัยโลก (2003) ได้แนะนำปริมาณน้ำตาลที่ควรบริโภคต่อคนต่อวัน ไม่ควรเกิน 50 กรัม

The American Optometric Association รายงานว่า สารประกอบ carotenoids ที่มีอยู่ในธรรมชาติมากกว่า 600 ชนิด มีเพียง 2 ชนิด คือ lutein และ zeaxanthin ที่พบมากได้ในส่วนจอประสาทตาของคนเรา ที่เรียกว่า macula มีความสำคัญในการมองเห็นภาพต่าง ๆ ได้ชัดเจน ซึ่งทั้ง lutein และ zeaxanthin นี้ไม่สามารถสร้างได้โดยกระบวนการในร่างกาย ดังนั้นการบริโภคจากอาหารจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องให้ได้รับในปริมาณที่ร่างกายต้องการ เพื่อช่วยเสริมสร้างสุขภาพระบบประสาทสายตาให้เป็นปกติ ปริมาณ lutein ที่แนะนำให้บริโภคจากอาหารต่อวัน คือ 6–10 มิลลิกรัม โดยที่การได้รับ lutein 6 มิลลิกรัมต่อวัน สามารถช่วยลดการเกิดโรค AMD ได้ถึง 43% (Seddon et al. 1994) อาหารที่เป็นแหล่งสำคัญของ lutein และ zeaxanthin คือ ไข่แดง รองลงมาเป็น ข้าวโพด และ ผักใบสีเขียวเข้ม ตามลำดับ และผักใบเขียวที่มีปริมาณ lutein และ zeaxanthin สูงสุด 4 ลำดับแรก คือ ผักคะน้า (kale) สปีแนช (spinach) ผักกาดเขียว (collard green) และ หัวเทอร์นิป (turnip green) (Sommerburg et al. 1998)

ในการศึกษาครั้งนี้ หากเรียงลำดับปริมาณ lutein และ zeaxanthin ที่ตรวจพบในผลไม้ชนิด/สายพันธุ์ต่างๆ ที่ตรวจสอบจากปริมาณมากที่สุดไปน้อยที่สุด พบว่าผลไม้ที่มี lutein สูงสุด 10 ลำดับแรก คือ แดงไทย (66.17 $\mu\text{g}/100\text{g}$) กล้วยน้ำว้า (26.04 $\mu\text{g}/100\text{g}$) กล้วยหอม (23.05 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ขนุนสีทอง (22.91 $\mu\text{g}/100\text{g}$) กล้วยไข่ (22.69 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ชมพูเพชร (20.65 $\mu\text{g}/100\text{g}$) แดงโมดอร์ปีโด (19.44 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ขนุนเพชรราชา (17.67 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ละมุดพื้นบ้าน (16.35 $\mu\text{g}/100\text{g}$) และ แดงโมกีนรี (14.46 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ ขณะที่ zeaxanthin สูงสุด 10 ลำดับแรก คือ มะปราง (27.29 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงมันขุนศรี (24.93 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะยงชิด (20.89 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะละกอแขกดำ (18.02 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงเขียวใหญ่ (17.2 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มบางมด (16.40 $\mu\text{g}/100\text{g}$) มะม่วงเขียวเสวย (13.99 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มเกลี้ยง (11.38 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ส้มสายน้ำผึ้ง (10.68 $\mu\text{g}/100\text{g}$) และ ส้มโอขาวน้ำผึ้ง (10.39 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ตามลำดับ

ในขณะที่การศึกษาของ Sommerburg et al. (1998) พบ lutein and zeaxanthin ในผลไม้หลายชนิดที่มีสีเหลือง สีส้ม สีแดง รวมทั้งสีเขียว ผลไม้ที่มีปริมาณมากลำดับหนึ่งคือ กีวีฟรุต (54% mole) รองลงมาเป็นองุ่นแดง (53% mole) น้ำส้ม (35% mole), สันติผิว (35% mole), องุ่นเขียว (31% mole), ส้ม (22% mole) แอปเปิ้ล (20% mole) และ มะม่วง (18% mole) ตามลำดับ (แคนตาลูป 1% mole) ในทำนองเดียวกับการศึกษาผลไม้เมืองหนาว 13 ชนิด ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Perry et al., 2009) พบว่าผลไม้ที่มี lutein สูงสุดคือ กีวีฟรุต (171 $\mu\text{g}/100\text{g}$) รองลงมาเป็น องุ่นเขียว (53 $\mu\text{g}/100\text{g}$) น้ำส้มคั้น (33 $\mu\text{g}/100\text{g}$) สันติผิว

(25 µg/100g) องุ่นแดง (24 µg/100g) แคนตาลูป (19 µg/100g) แอปเปิ้ล (15 µg/100g) พีช (11 µg/100g) เนคทารีน (8 µg/100g) มะม่วง (6 µg/100g) และแตงโม (4 µg/100g) ตามลำดับ

จากฐานข้อมูลปริมาณ lutein และ zeaxanthin ในผลไม้มากกว่า 100 ชนิด ในเว็บไซต์ <http://nutritiondata.self.com/foods> เรื่อง Foods highest in lutein and zeaxanthin พบว่าผลไม้ที่มีปริมาณ lutein และ zeaxanthin รวมกันสูงสุด คือ ลูกพลับ (persimmons from Japanese, 834 µg/100g) รองลงมาเป็น พีชแห้ง (559 µg/100g) น้ำส้ม (407 µg/100g) อโวคาโด (271 µg/100g) น้ำองุ่น (251 µg/100g) ส้มแมนดาริน (243 µg/100g) มัลเบอรี่ (136 µg/100g) กีวีฟรุต (122 µg/100g) แบล็คเบอร์รี่ (118 µg/100g) แรสเบอร์รี่ (113 µg/100g) เชอร์รี่ (85 µg/100g) กล้วย (84 µg/100g) และ มะละกอ (75 µg/100g) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณ lutein รวมกับ zeaxanthin ในสายพันธุ์ต่างๆของผลไม้แต่ละชนิด พบว่าสารประกอบทั้งสองมีปริมาณแตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าผลไม้สายพันธุ์พื้นบ้านส่วนใหญ่ เช่น ชมพูเพชร มะม่วงมันขุนศรี มะละกอแขกดำ ส้มโขวาน้ำผึ้ง กล้วยน้ำว้า มะปราง ละมุดพื้นบ้าน ส้มบางมด สับปะรดศรีราชา และขนุนสีทอง เป็นต้น จะมีผลรวมของ lutein รวมกับ zeaxanthin มากกว่าสายพันธุ์ที่เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์สายพันธุ์

สรุป

ในการศึกษานี้ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในผลไม้ไทย 21 ชนิด 47 สายพันธุ์ รวม 170 ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบ lutein และ zeaxanthin สารประกอบในกลุ่ม carotenoids ซึ่งสามารถแยกสกัดให้บริสุทธิ์ และตรวจสอบด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) ที่เชื่อมต่อกับคอลัมน์ YMCTM Carotenoids 5.0 µm (4.6 mm x 250 mm) จึงทำให้ทราบสารประกอบ carotenoids อื่นๆ อีก เช่น β-cryptoxanthin, β-carotene และ lycopene เป็นต้น เมื่อตรวจสอบแล้ว พบว่า lutein พบได้ในผลไม้แทบทุกชนิด จำนวน 122 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 71.76 ขณะที่ zeaxanthin ตรวจพบได้น้อยกว่า lutein พบได้ในผลไม้บางสายพันธุ์เพียง 65 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 38.24 และตรวจพบ β-carotene ในผลไม้ 103 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60.59 เมื่อคำนวณผลรวมของสารประกอบกลุ่ม carotenoids พบว่ามีมากถึง 164 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 96.47 สำหรับ lycopene มีเพียงมะละกอและเสาวรสสีม่วงที่ตรวจพบได้ปริมาณมาก เมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบสารประกอบแต่ละชนิดตามกลุ่มปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ ผลที่ได้สรุปดังนี้

1. ในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 แดงไทยมีค่าเฉลี่ย lutein สูงสุด 66.17 ± 26.4 µg/100g โดยปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ 117.73 ± 4.27 µg/100g และยังพบ lutein ในแดงไทยทุกตัวอย่างที่เก็บจากทั้ง 6 แหล่ง รองลงมาเป็น ชมพูเพชร แดงโม ฝรั่งกิมจู มะม่วงพราหมณ์ขายเมีย และส้ม

โอชาน้ำผึ้ง ตามลำดับ ขณะที่ผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า กล้วยน้ำว่า มีค่าเฉลี่ย lutein สูงสุดเท่ากับ $26.04 \pm 6.76 \mu\text{g}/100\text{g}$ โดยปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ $31.02 \pm 1.11 \mu\text{g}/100\text{g}$ และพบว่ากล้วยไทยหลายสายพันธุ์ และละมุด เป็นแหล่ง lutein ที่สำคัญ สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 พบว่า ขนุนทั้งสามสายพันธุ์ตรวจพบ lutein ได้ทุกตัวอย่าง ขนุนสีทอง มีค่าเฉลี่ย lutein สูงสุด $22.91 \pm 8.25 \mu\text{g}/100\text{g}$ และตัวอย่างผลไม้ที่ตรวจไม่พบ lutein เลย คือ มะม่วงสุก 4 สายพันธุ์ (น้ำดอกไม้ อกร่อง มหาชนก และเขียวใหญ่) และมะขาม 2 สายพันธุ์ (สีทองและสีชมพู)

2. ผลไม้ที่ศึกษาในครั้งนี้ตรวจพบ zeaxanthin ได้น้อยกว่า lutein มาก ในผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่า zeaxanthin สูงสุดในมะม่วงมันขุนศรี มีค่าเฉลี่ย $24.93 \pm 49.86 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็นมะละกอแขกดำ มะม่วงเขียวเสวย ส้มโอชาน้ำผึ้ง มะม่วงพราหมณ์ขายเมีย และส้มโอทองดี ตามลำดับ ขณะที่ในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า มะปรางทุกตัวอย่างตรวจพบ zeaxanthin ด้วยค่าเฉลี่ย $27.29 \pm 26.43 \mu\text{g}/100\text{g}$ สูงกว่าผลไม้อื่น และปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ $57.80 \pm 11.24 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะยงชิด มะม่วงเขียวใหญ่สุก ส้มสายพันธุ์ต่างๆ สับปะรดและมะเฟืองตามลำดับ จะเห็นได้ว่า จะเห็นได้ว่าผลไม้ไทยหลายชนิดเป็นแหล่งสารประกอบทั้ง lutein และ zeaxanthin ได้แก่ แดงไทย ส้มโอ ชมพู มะม่วงห่าม (พราหมณ์ขายเมีย มันขุนศรี และเขียวเสวย) มะปราง มะเฟือง ส้มเกลี้ยง ส้มเขียวหวาน (บางมด และสายน้ำผึ้ง) ละมุด เสาวรสสีม่วง และสับปะรด (สวนผึ้ง ศรีราชา และภูเก็ต) เป็นต้น

3. เมื่อพิจารณาถึงการตรวจสอบ β -carotene ในกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่า แดงโมพันธุ์ตอร์ปิโด มีค่าเฉลี่ย β -carotene สูงสุด คือ $739.73 \pm 1123 \mu\text{g}/100\text{g}$ ปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ $2,411.74 \pm 64.8 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น แดงไทย มะละกอแขกดำ เสาวรสสีเหลือง มะละกอฮอลแลนด์ และเสาวรสสีม่วง ตามลำดับ ขณะที่ตรวจพบสารประกอบ total carotenoids ได้ทุกตัวอย่าง และ เสาวรสพันธุ์สีม่วง มี carotenoids สูงสุด คือ $4,222.90 \pm 1,891 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะละกอฮอลแลนด์ และมะละกอแขกดำ สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลระหว่างร้อยละ 10 ถึง 20 พบว่า มะม่วงพันธุ์เขียวใหญ่สุกมีค่าเฉลี่ย β -carotene สูงสุด คือ $809.10 \pm 202 \mu\text{g}/100\text{g}$ รองลงมาเป็น มะม่วงน้ำดอกไม้ สับปะรดภูเก็ต ส้มสายน้ำผึ้ง มะปราง และส้มบางมด ตามลำดับ และ พบว่าผลไม้ที่ศึกษามีสารประกอบ carotenoids ทุกตัวอย่าง โดยที่มะม่วงพันธุ์เขียวใหญ่ มีค่าเฉลี่ย total carotenoids สูงสุด รองลงมาเป็น มะม่วงน้ำดอกไม้สุก สับปะรดภูเก็ต ส้มสายน้ำผึ้ง มะปรางและส้มบางมด ตามลำดับ เช่นกัน สำหรับกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 20 พบว่า β -carotene และ total carotenoids ที่ตรวจพบในขนุนมีปริมาณไม่สูงมากนัก และมะขามทั้งสองสายพันธุ์ตรวจไม่พบเลย

โดยสรุป ผลไม้ไทยหลากหลายชนิดเป็นแหล่งสำคัญของสารประกอบ lutein และ zeaxanthin แม้ว่าปริมาณจะไม่สูงมากเมื่อเทียบกับแหล่งอื่น เช่น ไข่ และผักใบสีเขียวชนิดต่างๆ ก็ตาม การเลือกรับประทานผลไม้ชนิดที่มี lutein และ zeaxanthin สูงจากกลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลน้อย เช่น แดงไทย ชมพู

แตงโม ฝรั่ง มะม่วงห่าม ส้มโอ มะละกอ และเสาวรส เป็นต้น หรือเลือกรับประทานผลไม้สายพันธุ์พื้นบ้าน เช่น ชมพูเพชร มะม่วงมันขุนศรี มะละกอแขกดำ ส้มโขวาน้ำผึ้ง กล้วยน้ำว้า มะปราง ละมุดพื้นบ้าน ส้มบางมด และสับปะรดศรีราชา ซึ่งมีผลรวมของ lutein รวมกับ zeaxanthin มากกว่าผลไม้ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์สายพันธุ์ น่าจะเป็นแนวทางที่ควรปฏิบัติเป็นประจำเพื่อสุขภาพดวงตาที่ดี โดยเฉพาะการรับประทานเสริมด้วยอาหารประเภทไข่ และผักใบเขียว ก็จะทำให้ร่างกายได้รับ lutein และ zeaxanthin ในปริมาณที่เพียงพอต่อการเสริมสร้างสุขภาพดวงตา สามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของจอประสาทตาและป้องกันการเกิดโรค Age-related macular degeneration (AMD) ได้ นอกจากนี้ผลไม้เหล่านี้ยังเป็นแหล่งสาร phytochemicals เช่น β -carotene และ lycopene ที่มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ และเป็นแหล่งวิตามิน แร่ธาตุ รวมทั้งใยอาหารที่เป็นประโยชน์ช่วยเสริมสร้างสุขภาพโดยรวมให้แข็งแรงได้เป็นปกติ

เอกสารอ้างอิง

- พิมพ์ วัชรพงศ์กุล นันทยา จงใจเทศ และปิยนันท์ เผ่าม่วง. 2549 ปริมาณน้ำตาลในผลไม้ไทย. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย 39 หน้า
- เนตรนภิส วัฒนสุขชาติ วนิดา เทวฤทธิ์ และวาสนา นาราศรี. 2554. การพัฒนาแป้งกล้วยน้ำว่าที่มีสมบัติฟรีไบโอติก และต้านอนุมูลอิสระสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารว่างเพื่อสุขภาพ. รายงานวิจัยสมบูรณ์เสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ วันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2554.
- โรคจอประสาทตาเสื่อม. 2553. www.phyathai.com/phyathai/new
- Alisa Perry, Helen Rasmussen and Elizabeth J. Johnson. 2009. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) contents in fruits, vegetables and corn and egg products. **Journal of Food Composition and Analysis**.
- Aruna G., B.S Mamatha and V. Baskaran . 2009. Lutein content of selected Indian vegetables and vegetable oils determined by HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**. 2009. 22 : 632-636.
- Associations between intermediate age-related macular degeneration and lutein and zeaxanthin in the Carotenoids in Age-Related Eye Disease Study (CAREDS). *Archives of Ophthalmology*. August 2006.
- Breithaupt, D.E. and Bamedi, A. 2001. Carotenoid esters in vegetables and fruits : A screening with emphasis on β -cryptoxanthin esters. *J. Agric. Food Chem.*. 49 : 2064-2070.
- Britton, G., Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H. 2008. Carotenoids. Volume 4 : Natural functions. Basel, Switzerland: Birkhauser.
- Britton, G. and Khachik, F. 2009. Carotenoids in food. *In* G. Britton, S. Liaaen-Jensen & H. Pfander (Eds.). Carotenoids. Volume 5 : Nutrition and Health (pp 45-66) . Basel, Boston, Berlin : Birkhauser.
- Cheryan, M. 2001. **Method for extracting xanthophylls from corn**. U.S. Patent. 6 . 169, 217.
- Codex Recommendation Methods of Sampling for the Determination of Pesticide Residues. CAC/GL 33-1999.
- Corey E. Scott and Alison L. Eldridge. 2005. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis** 18 : 551-559.

- Dwyer, J.H. and Navab, M. 2001 Oxygenated carotenoid lutein and progression of early atherosclerosis: the Los Angeles atherosclerosis study. *Circulation*. 103 (24) : 2922-2927
- Eliza M Tsui and Munir Cheryan. 2007. Membrane processing of xanthophylls in ethanol extracts of corn. **Journal of Food Engineering**. 83 : 590-595.
- Granado-Lorencio, F. Olmedilla-Alonso, B., Herrero-Barbudo, C., Blanco-Navarro, I., Perez-Sacristan, B. and Blazquez-Garcia, S. 2007. *In vitro* bioaccessibility of carotenoids and tocopherols from fruits and vegetables. *Food Chemistry* 102 : 641-648.
- Guidelines for Sampling Soils, Fruits, Vegetables and Grains for Chemical Residue Testing (2010).
<http://new.dpi.vic.au/notes/horticulture/fruit>.
- Howe, J. A. and Tanumihardjo, S.A. 2006. Evaluation of analytical methods for carotenoid extraction from biofortified maize (*Zea mays* sp.). *J. Agric. Food Chem.* 54: 7992-7997.
- Huiyuan, Y., Yanjie, L., Hui, Z., Li, W. and Zhengxing, C. 2007. Method for extracting carotenoid from corn. Patent No. CN 196671
[Http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm?modecode=12354500](http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm?modecode=12354500)
[Http://www.agingthai.org/page/1042](http://www.agingthai.org/page/1042)
- Krinsky, N.I., Landrum, J. T, and Bone, R.A. 2003. Biological mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Annual Review of Nutrition*, 23 (1) : 171-201.
- Krinsky, N.I., Mayne, S.T. and Seis, H. 2004. Carotenoids in health and disease. New York USA : Marcel Dekker.
- Losso, J.N.; Khachatryan, A.; Ogawa, M.; Godber, J.S. and Shih, F. 2005. Random centroid optimization of phosphatidylglycerol stabilized lutein-enriched oil-in-water emulsions at acidic pH. *Food Chemistry* 92 : 737-744.
- Lin, C.H. and Chen, B.H. 2003. Determination of carotenoids in tomato juice by liquid chromatography. *J. Chromatography A* 1012: 103-109.
- Lutein. 2553. Available source <http://en.wikipedia.org/wiki/Lutein>
- Lu, Yanjie, Chen Zhengxing Yao Huiyuan. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi, Peop. Rep. China. *Wuxi Qinggong Daxue Xuebao*. 2003. Isolation and Identification of lutein and zeaxanthin from corn gluten by thin-layer chromatography. 22(5) : 11-14, 24.

- Masetto, A.; Flors-Cotera, L.B.; Daiz, C.; Langley, E. and Sanchez, S. 2001. Application of a complete factorial design for the production of zeaxanthin by *Flavobacterium* sp. J. Bioscience and bioengineering 92 (1): 55-58
- Moros, E. E., Darnoko, Darnoko, D., Cheryan, M., Perkins, E.G., & Jerrell, J. 2002. Analysis of xanthophylls in corn by HPLC. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50. 5787-5790.
- Mozaffarieh, M., Sacu, S. and Wedrich, A. 2003. The role of the carotenoids, lutein and zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration: A review based on controversial evidence. Nutrition J. 2 : 1-8 (<http://www.nutritionj.com/content/2/1/20>).
- Muralidhara, H.S. 1997. Process for recovering xanthophylls from corn gluten. US Patent. 5. 602. 286.
- Murillo, E., Melendez-Martinez, A.J. and Portugal, F. 2010. Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. Food Chemistry 122 : 167-172.
- Perry, A., Rasmussen, H. and Johnson, E.J. 2009. Xanthophyll (lutein and zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. J. Food Composition and Analysis 22 : 9-15.
- Robert Aman (1) , Jan Biehl, Reinhold Carle, Jurgen Conrad, Uwe Beifuss and Andreas Schieber. 2005. Application of HPLC couple with DAD, APcI-MS and NMR to the analysis of lutein and zeaxanthin stereoisomers in thermally processed vegetables. **Food Chemistry**. 92 : 753-763.
- Robert Aman (2), Reinhold Carle, Jurgen Conrad, Uwe Beifuss and Andreas Schieber. 2005. Isolation of carotenoids from plant materials and dietary supplements by high-speed counter-current chromatography. **Journal of Chromatography A**. 1074 : 99-105.
- Sommerberg, O. Keunen, J.E.E. Bird, A.C. and JGM van Kuijk, F. 1998. Fruits and vegetables that are sources for lutein and zeaxanthin : the macular pigment in human eyes. British journal of Ophthalmology 82 : 907-910.
- Subagio, A. and Morita, N. 2003. Prooxidant activity of lutein and its dimyristate esters in corn triglyceride. Food Chemistry 81 : 97-102.

ภาคผนวก

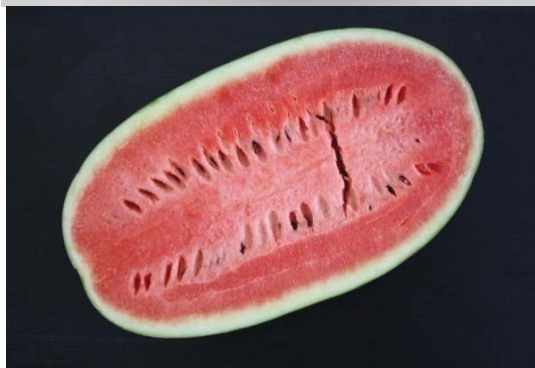
รูปภาพ ตัวอย่างผลไม้ไทยที่ตรวจวิเคราะห์



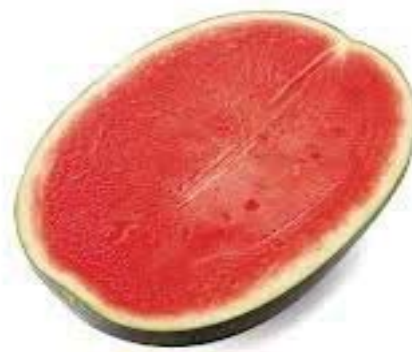
ชมพู่ทับทิมจันทร์,



ชมพู่สีเขียว/เพชร



แตงโมตอร์ปโด



แตงโมกินรี



แตงไทย



แตงไทย



ฝรั่งกิมจู



ฝรั่งแป้นสีทอง



มะม่วงเขียวเสวย



มะม่วงมันขุนศรี



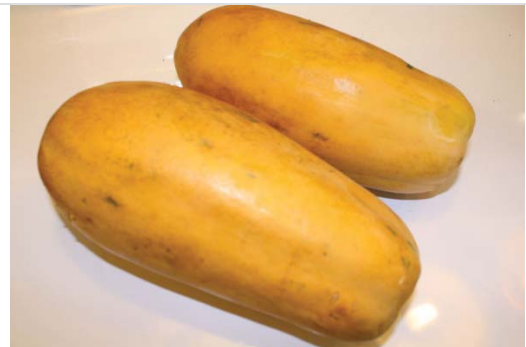
มะม่วงเขียวมรกต



มะม่วงพราหมณ์ขายเมีย



มะละกอแขกดำ



มะละกอฮอลแลนด์



มะขามเทศ



มะขามเทศ



ระกำ



ระกำ



ส้มโอทองดี



ส้มโอทองดี



โอขาน้ำผึ้ง

ส้ม



ส้มโอขาน้ำผึ้ง



ส้มโอขาวใหญ่



ส้มโอขาวใหญ่



เสาวรสสีม่วง



เสาวรสสีเหลือง



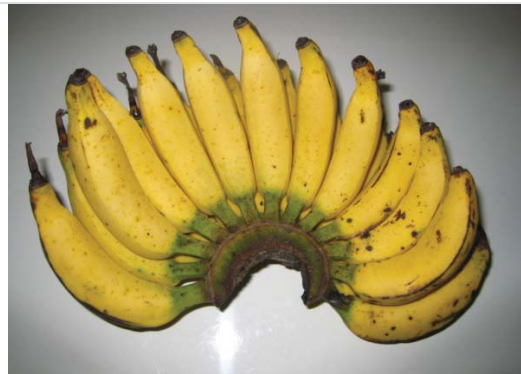
กล้วยน้ำว้า



กล้วยหอม



กล้วยไข่



กล้วยเล็บมือนาง



กล้วยหักมุก



มะม่วงน้ำดอกไม้



มะม่วงอกร่อง



มะม่วงมหาชนก



มะม่วงมันเขียวใหญ่ ตุ๊ก



มะม่วงมันเขียวใหญ่ ดิบ



มะปราง



มะยงชิด



มะเฟือง



มะเฟือง



ละมุดพื้นบ้าน



ละมุดสถานี



สละ



สละ



ส้มสายน้ำผึ้ง



ส้มสายน้ำผึ้ง



บางมด

ส้ม



ส้มเกลี้ยง



สับปะรดศรีราชา



สับปะรดภูเก็ต/ปัตตาเวีย



ลัับปรดสวนผึ้ง



ลัับปรดห้วยมุ่น



ขนนทองประเสริฐ



ขนนทองประเสริฐ



ขนนเหลืองกรอบ



ขนนเพชรราชา



มะขามลีทอง



มะขามลีชมพู

ชื่อวิทยาศาสตร์ผลไม้ไทย

ชื่อตัวอย่าง	ชื่อวิทยาศาสตร์
ชมพู่	<i>Eugenia Javanica</i>
แตงโม	<i>Citrullus lanatus</i>
แตงไทย	<i>Cucumis melo L.</i>
ฝรั่ง	<i>Psidium guajava L.</i>
มะม่วง	<i>Mangifera indica L.</i>
มะละกอ	<i>Carica papaya L.</i>
ระกำ	<i>Salacea wallichiana, Mart.</i>
มะขามเทศ	<i>Pithecellabium dulce, Baneth.</i>
ส้มโอ	<i>Citrus maxima (Burm.) Merr.</i>
เสาวรส	<i>Passiflora laurifolia L.</i>
กล้วย	<i>Musa sapientum Linn.</i>
มะปราง	<i>Bouea macrophylla Griffith</i>
มะเฟือง	<i>Averrhoa carambola L.</i>
ละมุด	<i>Manilkara zapota L.</i>
สละ	<i>Salacca edulis</i>
ส้มเขียวหวาน	<i>Citrus tangerina</i>
ส้มเซ้ง/ส้มเกลี้ยง	<i>Citrus senesis L. Osbeck</i>
สับปะรด	<i>Ananas comosus</i>
ขนุน	<i>Artocarpus heterophyllus Lam</i>
มะขามหวาน	<i>Tamarind indica L.</i>

เกณฑ์/แนวทางการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน Codex Alimentarius

Plant products : Description of primary samples and minimum size of laboratory samples.

Commodity classification	Examples	Nature of primary sample to be taken	Minimum size of each laboratory sample
Class A , primary food commodities of plant origin			
1. All fresh fruits , type 1 , groups 001-008			
All fresh vegetables , type 2, groups 009-019, except group 015 (dry pulses)			
1.1 small sized fresh products units generally < 25 g	berries peas olives	whole units, or packages or units taken with a sampling device	1 kg
1.2 medium sized fresh products units generally 25-250 g	apples oranges	whole units	1 kg (at least 10 units)
1.3 large sized fresh products units generally > 250 g	cabbages cucumbers grapes (bunches)	whole units	2 kg (at least 5 units)
2. Pulses , type 2 , group 015	soya beans		1 kg
Cereal grains , type 3, group 020	rice , wheat		1 kg
Tree nuts , type4, group 022	except coconuts coconuts		1 kg 5 units
Oilseeds , type4, group 023	peanuts		500 g
Seeds for beverages and sweets , type4, group 024	coffee beans		500 g
3 Herbs , type5, group 027	fresh parsley other , fresh	whole units	0.5 kg 0.2 kg
<i>(for dried herbs see: Class D, Type 12, in section 5 of this Table)</i>			
Spices , type5, group 028	dried	whole units or taken with a sampling device	0.1 kg
Class C, primary animal feed commodities			
4 Primary feed commodities of plant origins , type 11			
4.1 Legume animal feeds, and other forages and fodders		whole units, or units taken with a sampling device	1 kg (at least 10 units)
4.2 Straw, hay and other dried products		units taken with a sampling device	0.5 kg (at least 10 units)

*Commodities are classified according to the Codex Alimentarius.

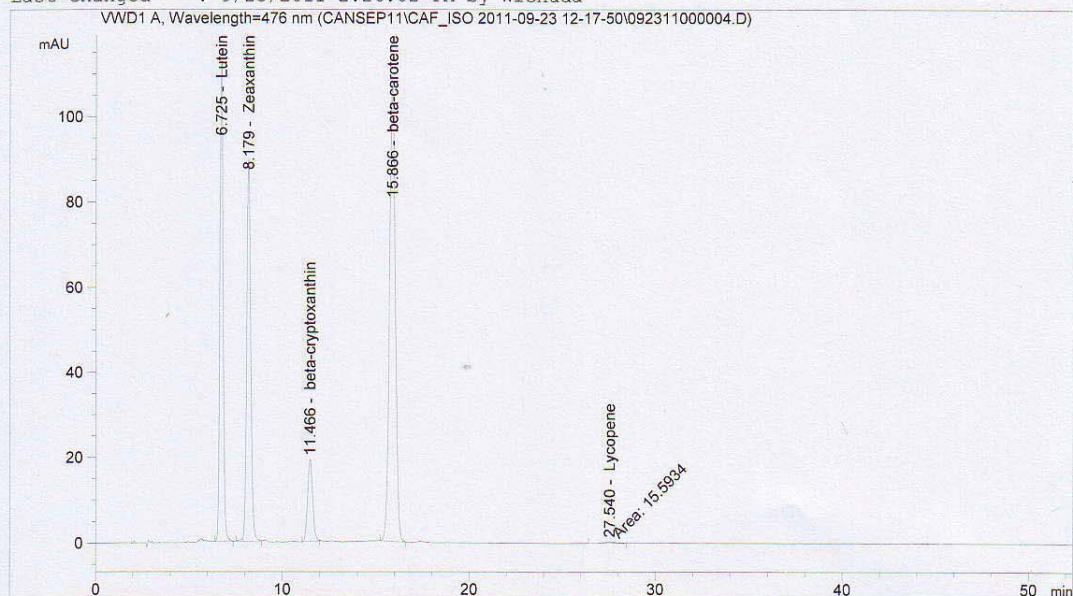
รูปถ่ายที่ 2 การเตรียมตัวอย่าง



Chromatograms ของสารมาตรฐาน 5 ชนิดที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง HPLC

Data File C:\CHEM32\1\DATA\CANSEP11\CAF_ISO 2011-09-23 12-17-50\092311000004.D
Sample Name: mix1

```
=====
Acq. Operator   : PUTALUK                      Seq. Line :    2
Acq. Instrument : Instrument 1                  Location  : Vial 21
Injection Date  : 9/23/2011 1:14:27 PM          Inj       :    1
                                           Inj Volume: 5 µl
Acq. Method     : C:\CHEM32\1\DATA\CANSEP11\CAF_ISO 2011-09-23 12-17-50\CAROTENOIDS_2.M
Last changed    : 9/23/2011 12:16:25 PM by PUTALUK
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\PUTALUK\CAROTENOIDS\CAROTENOIDS_CAL.M
Last changed    : 9/23/2011 2:26:02 PM by Wichuda
=====
```



Area Percent Report

```
=====
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 9/23/2011 2:25:54 PM
Multiplier:    : 1.0000
Dilution:      : 1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs
=====
```

Signal 1: VWD1 A, Wavelength=476 nm

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area mAU	Area %	Name
1	6.725	BB	0.1830	1348.06409	24.7040	Lutein 20ppm
2	8.179	BB	0.2327	1352.63037	24.7877	Zeaxanthin 20ppm
3	11.466	BB	0.2911	355.30853	6.5112	beta-cryptoxanthin 4 ppm
4	15.866	BB	0.3480	2385.26733	43.7113	beta-carotene 40 ppm
5	27.540	MM	0.7433	15.59344	0.2858	Lycopene 20 ppm

Totals : 5456.86376

*** End of Report ***

การจัดทำ Standard calibration curves สำหรับการวิเคราะห์ HPLC

เตรียมสารมาตรฐานเจือจาง เพื่อการสร้าง calibration curves จาก working standard solution ดังนี้ Lutein and zeaxanthin 1.6-20.0 µg/mL, β-cryptoxanthin 0.32 -4.0 µg/mL, β-carotene 3.2-40 µg/mL และ lycopene 1.6-20 µg/mL นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC จะได้พื้นที่ใต้กราฟ (peak area) (y) หลังจากนั้นนำไป plot curve ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสาร (แกน x) และพื้นที่ใต้กราฟ (peak area) (y) จะได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ดังแสดงในตาราง

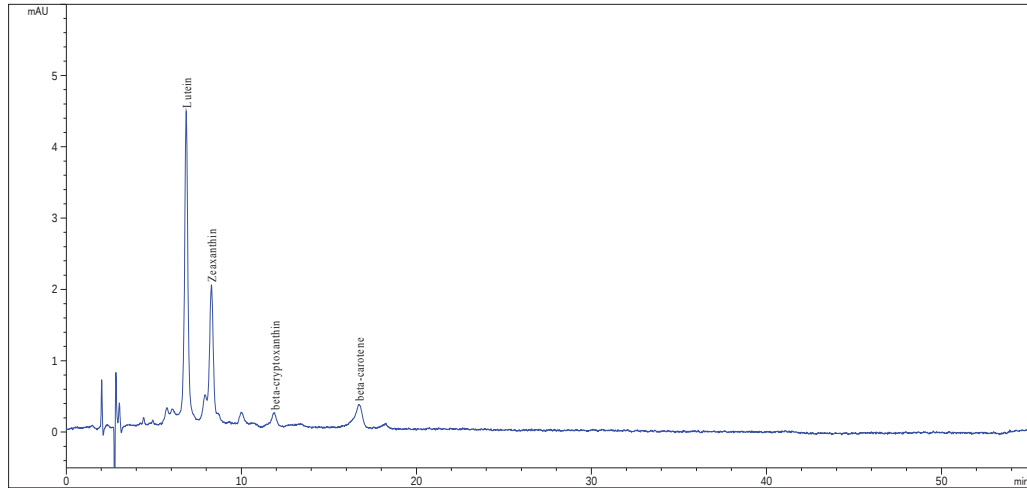
Standard calibration curves, detection limits and method validation data

สารมาตรฐาน	Calibration curves	Regression equation ^a	R^2
	Linear range (µg/mL)		
Lutein	0.8-20.0	$Y = 81.49X - 28.59$	0.999
Zeaxanthin	0.8-20.0	$Y = 79.05X - 33.69$	0.999
β-cryptoxanthin	0.2-4.0	$Y = 68.92X - 4.187$	0.999
β-carotene	1.6-40.0	$Y = 8.041X + 3.949$	1
lycopene	0.8-20.0	$Y = 0.666X + 1.193$	0.99

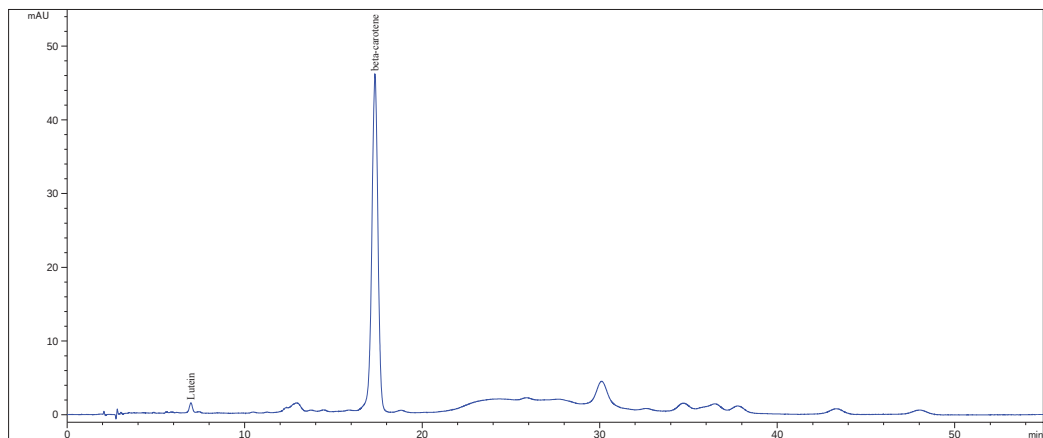
a Y, peak area; X, concentration

HPLC Chromatograms ของผลไม้ชนิดต่างๆ

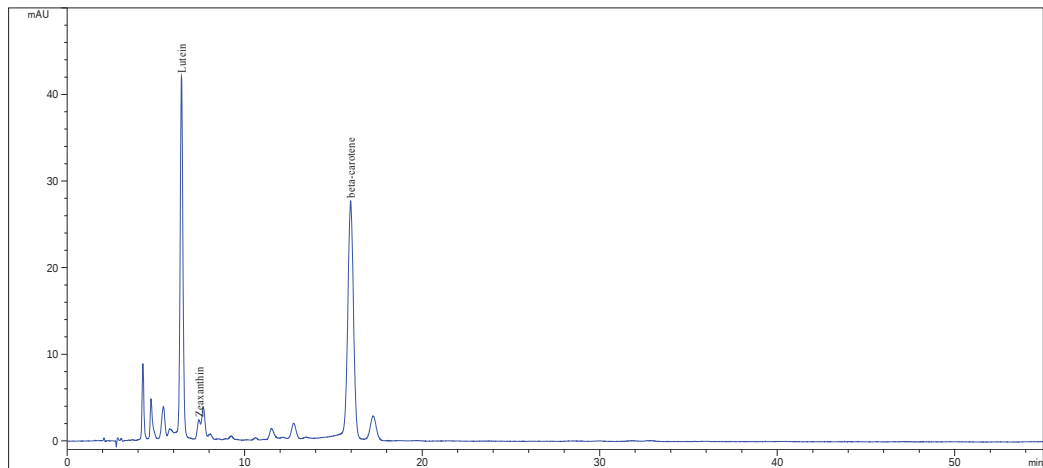
1. ชมพู่, ทับทิมจันทร์



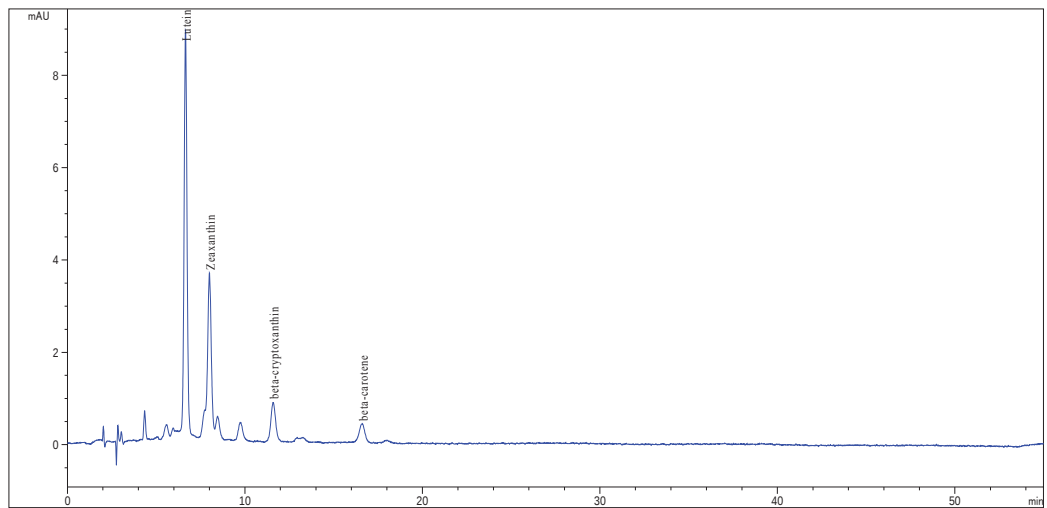
2. แดงโม, คอรัปโค



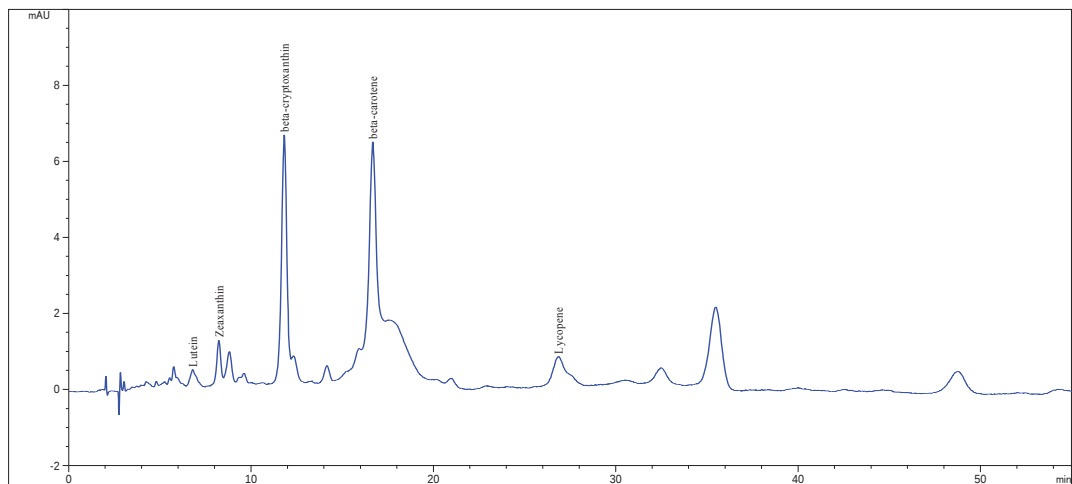
3. แดงไทย



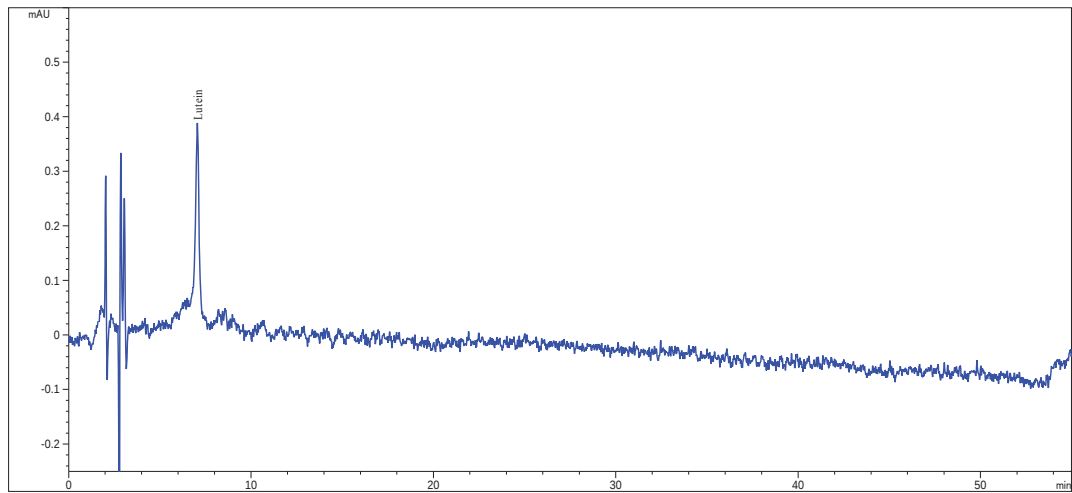
4. ฝรั่ง, สาลี่/เป็นสีทอง



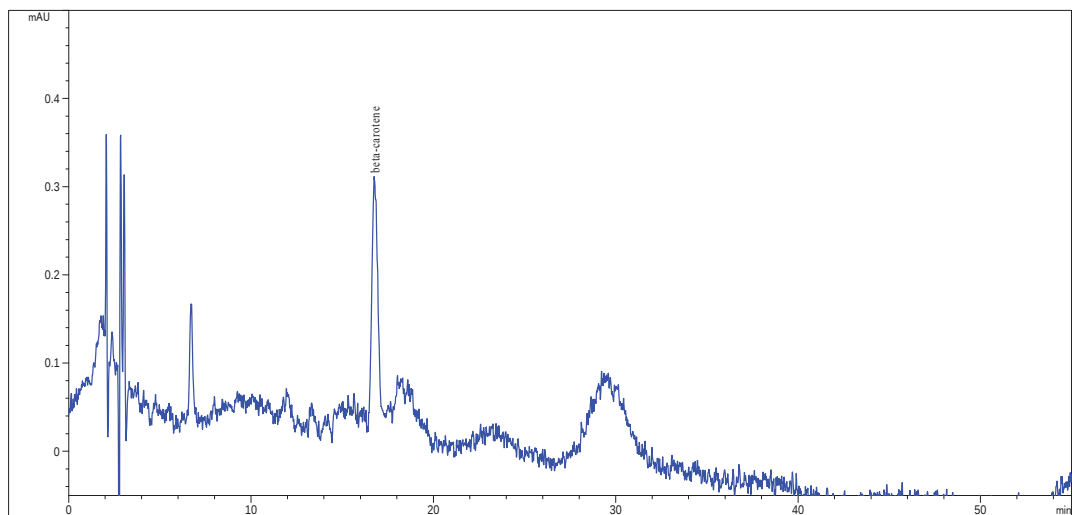
5. มะละกอ, แวกดำ



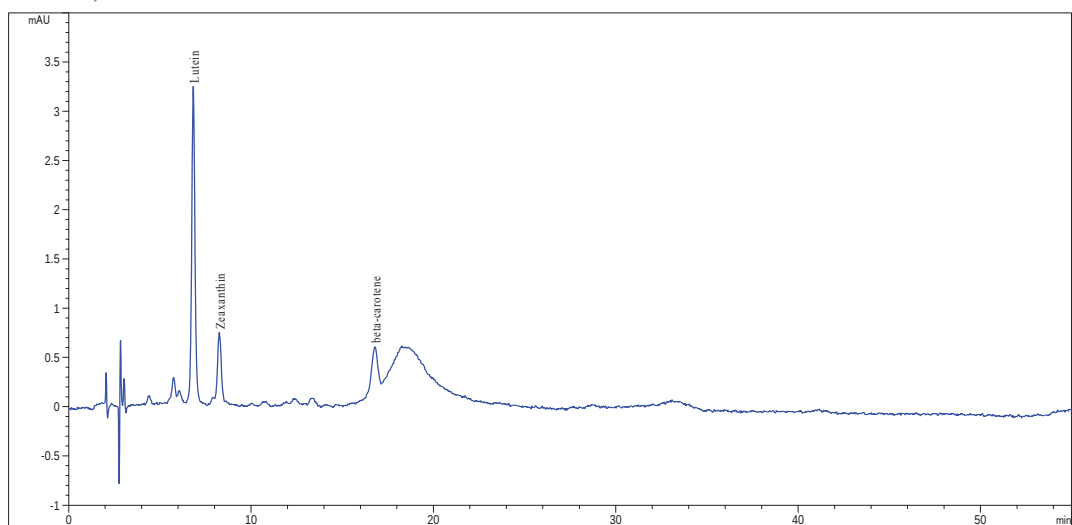
6. มะขามเทศ



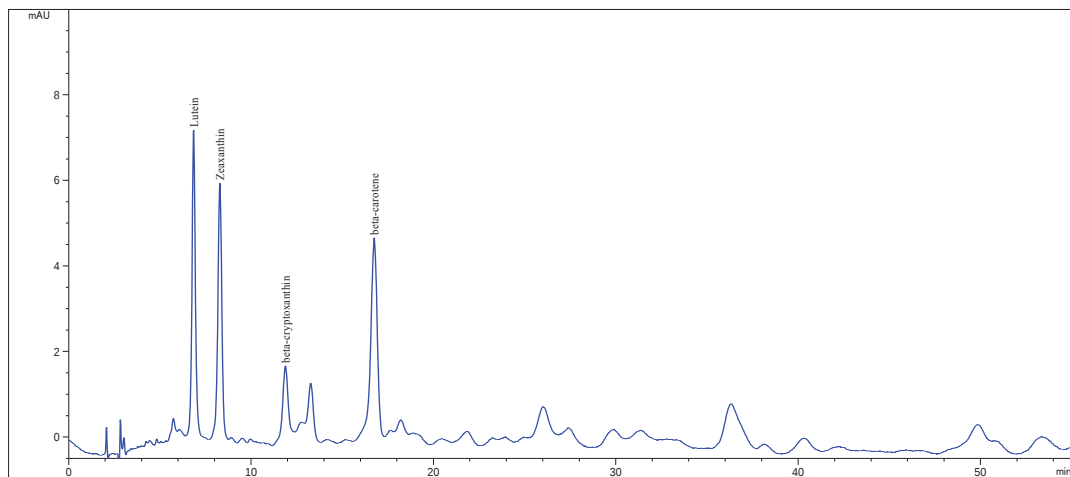
7. ระกำ



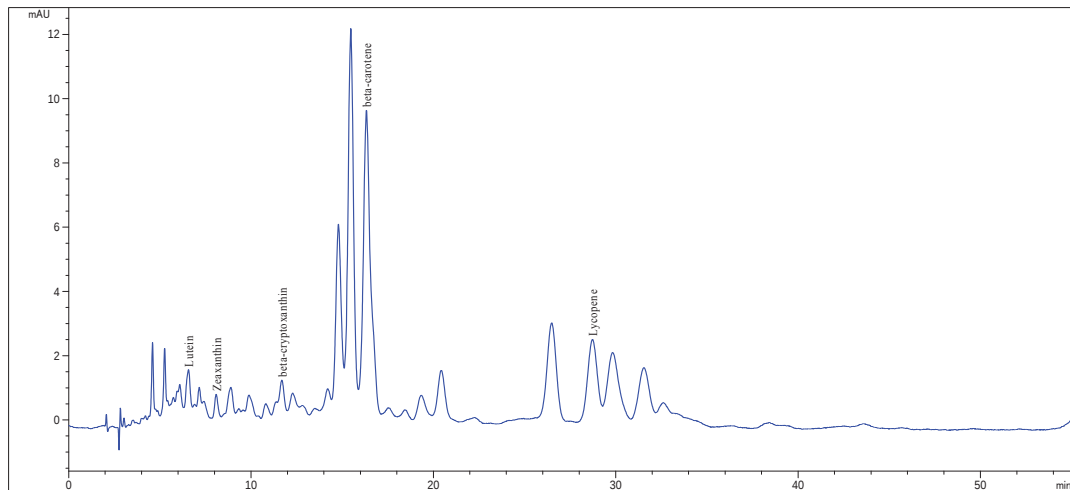
8. ส้มโอ, ขวบน้ำผึ้ง



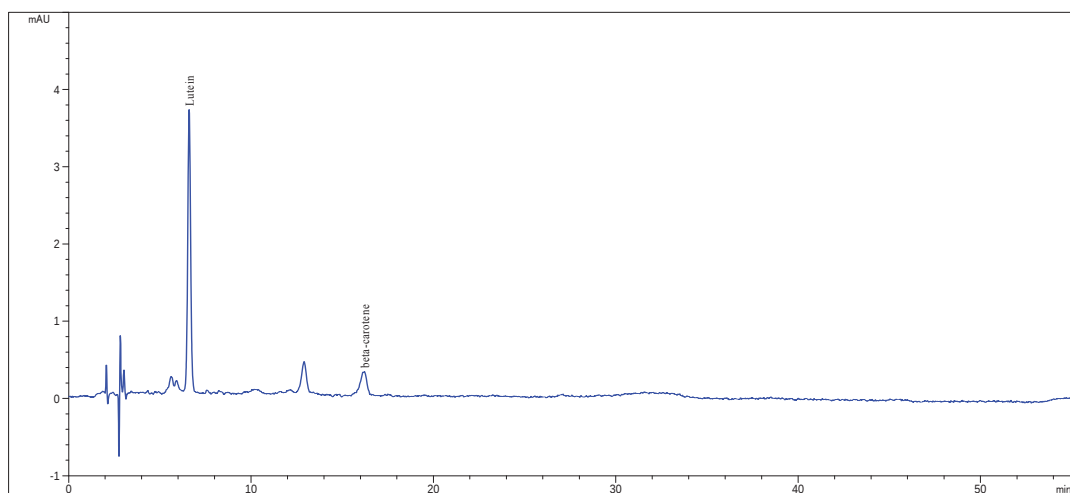
9. ส้ม, สายน้ำผึ้ง



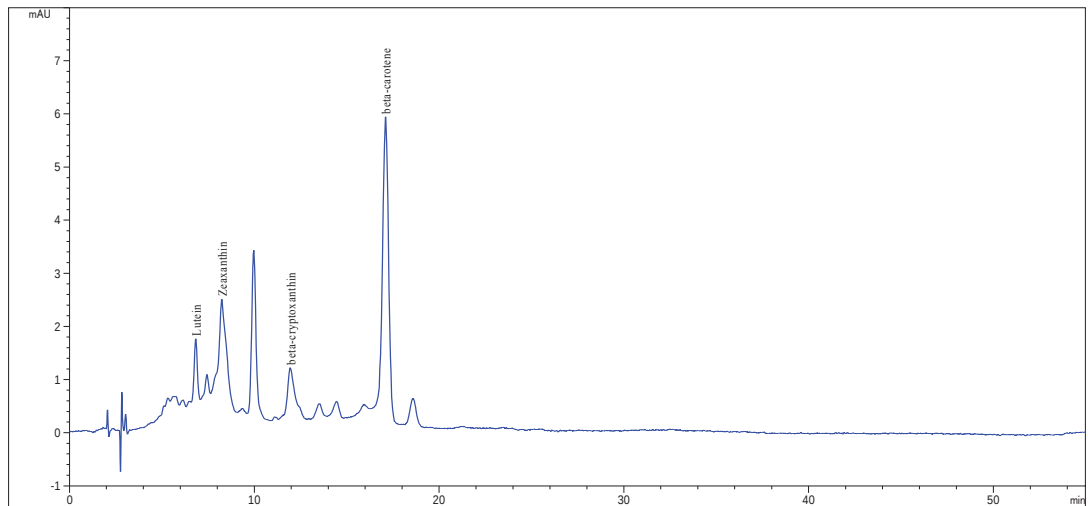
10. เสาวรส, สีม่วง



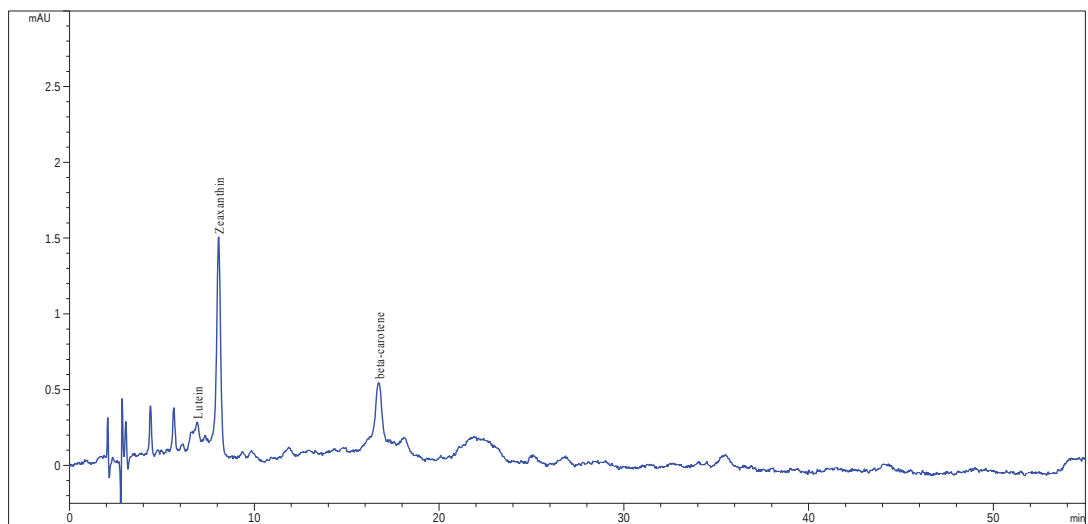
11. กลั้วน้ำว้า



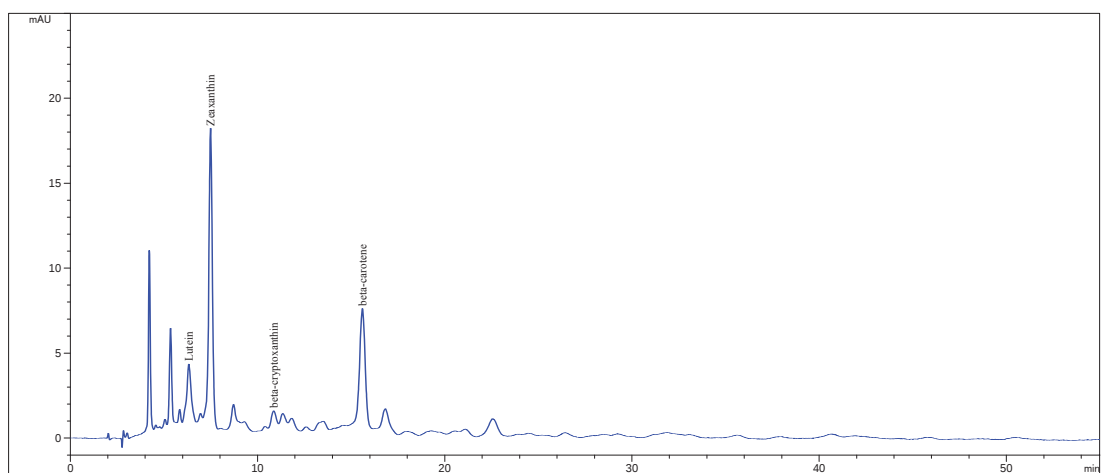
12. มะม่วง, เชื้อขาว



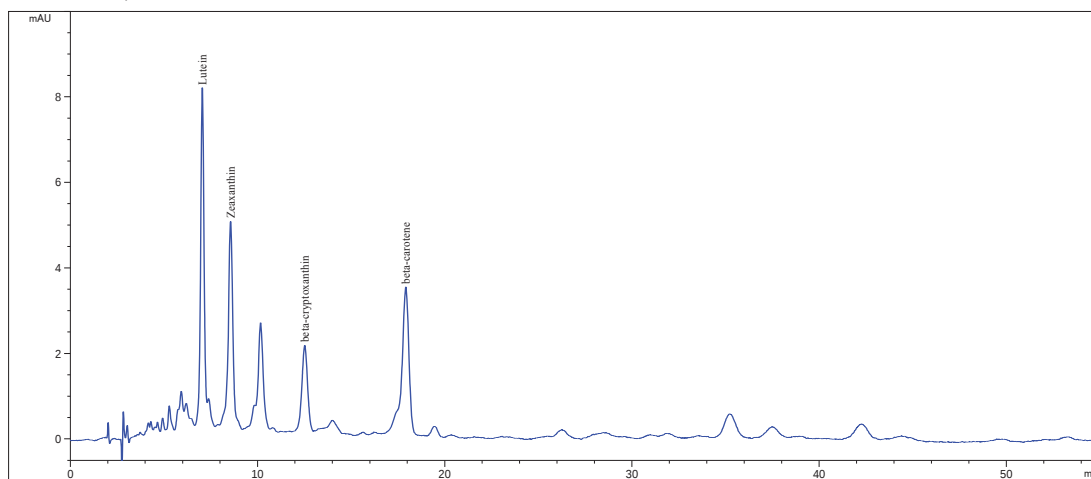
13. มะปราง



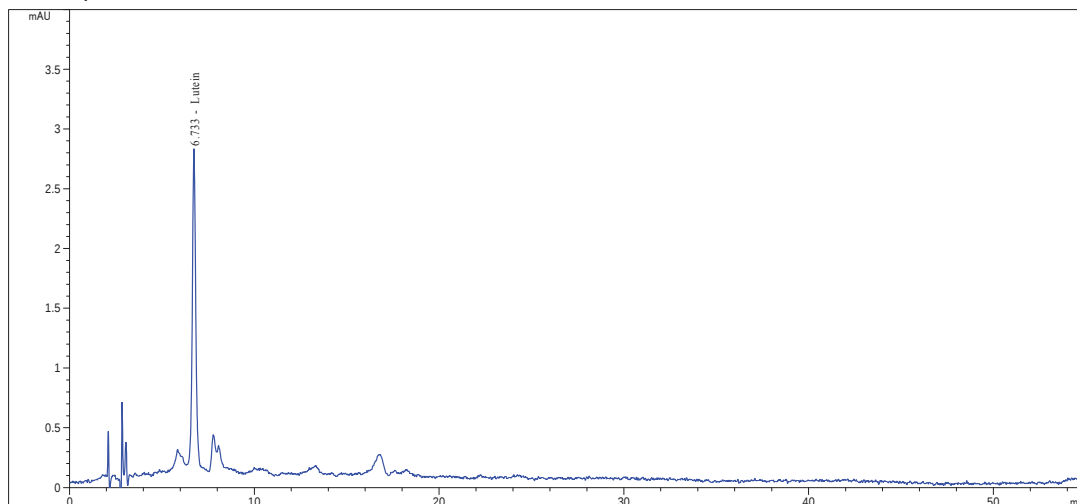
14. มะขางชิด



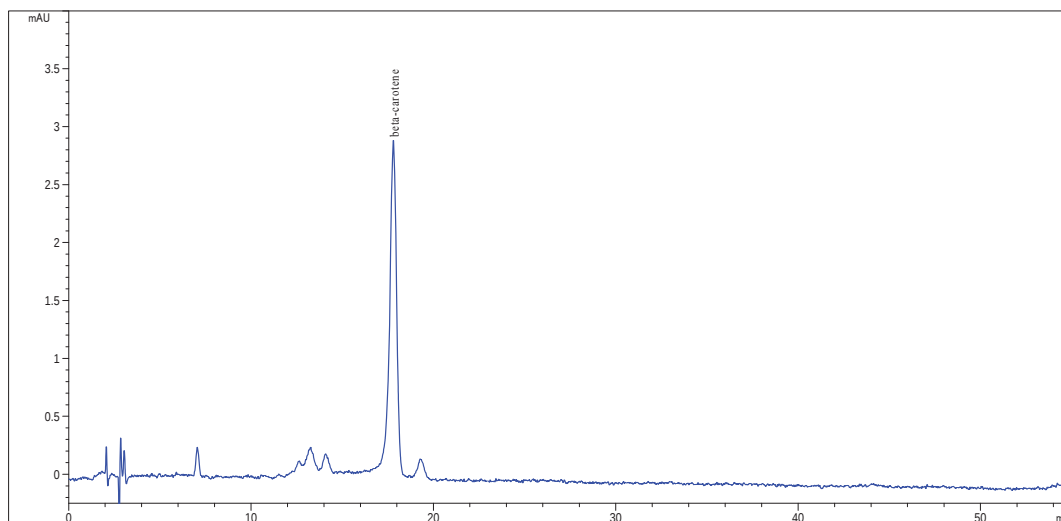
15. มะเฟือง, มาเลย์ ชนิดหวาน



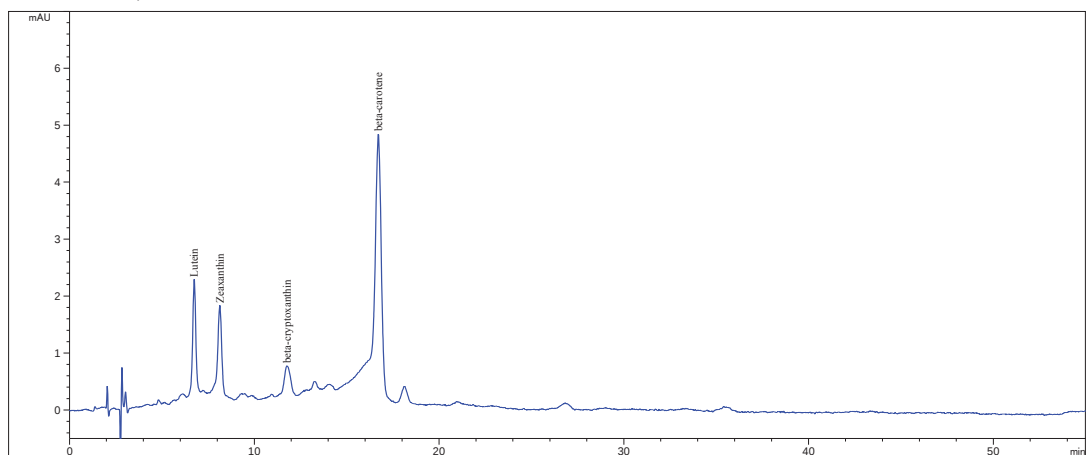
16. ละมุด, พันบ้าน



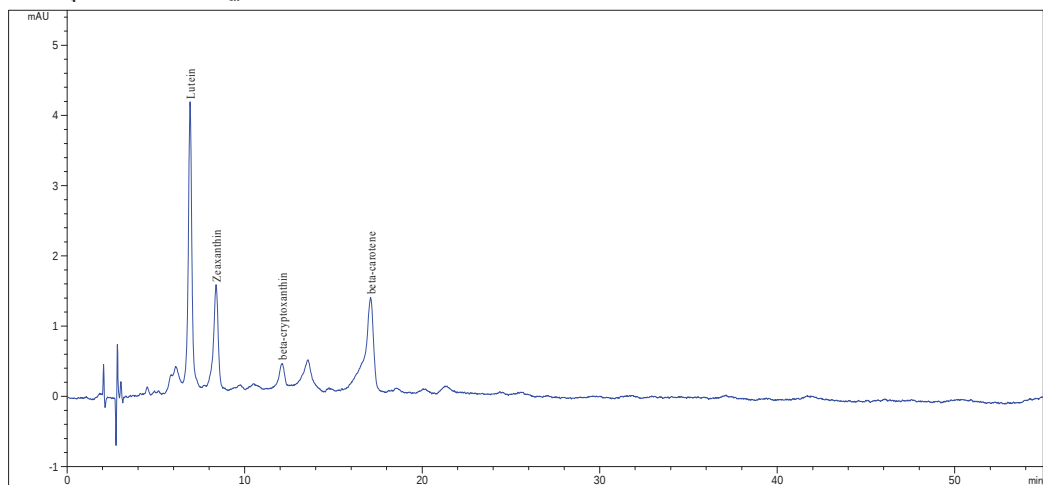
17. สละ



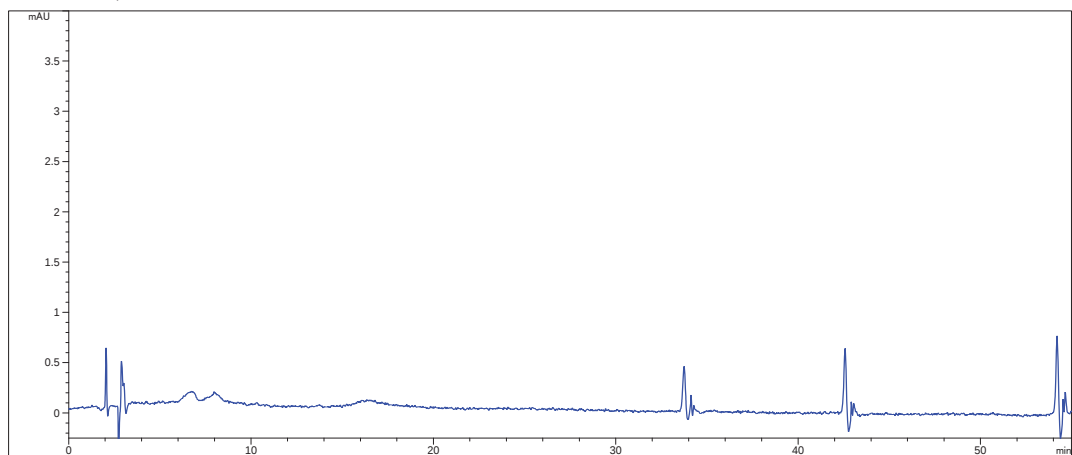
18. สับปะรด, ศรีราชา



19. ขนุน, ทองประเสริฐ



20. มะขาม, สีทอง



ตารางแสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลไม้ไทย

1. กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลร้อยละ 0 - 10

ชนิดผลไม้	ปริมาณน้ำตาล ทั้งหมด	กลูโคส	ฟรุ็กโทส	ซูโครส
แตงโมตอปปิโด	6.06	2	3.67	0.39
แตงไทย	2.48	1.21	1.27	0
ฝรั่ง ไร้เมล็ด	5.55	1.68	2.15	1.72
ฝรั่งเป็นสีทอง	5.63	1.87	2.52	1.24
มะละกอฮาวาย	9.89	4.87	5.02	0
ระกำ	5.13	1.02	1.76	2.35
ส้มโชกุน	9.14	1.52	1.73	5.89
ส้มโอขาวน้ำผึ้ง	7.70	1.18	1.22	5.30
ส้มโอทองดี	7.57	1.18	1.16	5.23
กล้วยน้ำว้า ห่าม	7.33	3.5	3.77	0.07
ชมพู	8.0	3.9	4.1	0
มะเฟือง	3.98	-	-	-
มะม่วงดิบ-ห่าม	3-10			

2. กลุ่มผลไม้ที่มีน้ำตาลร้อยละ 10 - 20

ชนิดผลไม้	ปริมาณน้ำตาล ทั้งหมด	กลูโคส	ฟรุ็กโทส	ซูโครส
มะขามเทศ , ฝักใหญ่	10.48	5.15	5.33	0
สละ	13.40	1.12	2.5	9.78
สับปะรดภูเก็ต	11.11	2.56	2.97	5.58
มะปราง	12.31	2.08	2.54	7.69
กล้วยไข่	18.95	7.26	7.21	4.49
มะม่วงน้ำดอกไม้	15.33	0.49	3.81	11.62

มะยงชิด	16.82	1.24	2.26	13.31
ละมุด	15.61	4.98	5.55	5.08

น้ำตาลร้อยละ 20 ขึ้นไป

ชนิดผลไม้	ปริมาณน้ำตาล ทั้งหมด	กลูโคส	ฟรุ็กโตส	ซูโครส
ขนุน	21.5	4.25	4.5	12.75
มะขามหวาน				

(สำนักโภชนาการ กรมอนามัย 2549, เนตรนภิส และคณะ, 2554)